



Escuela  
Politécnica  
Superior

# Estudio y evaluación de la eficiencia energética de la Escuela Politécnica Superior IV de la Universidad de Alicante para la propuesta de su rehabilitación energética



Grado en Arquitectura Técnica

## Trabajo Fin de Grado

Autor:

Rubén Romero Vivancos

Tutor/es:

Cristóbal Valera Uribe – Joaquín López Davó

Junio 2015



Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante





## ÍNDICE GENERAL

Índice de Figuras .....	7
Índice de Tablas.....	10
Índice de Gráficas.....	13
Índice de Planos .....	15
Índice de Ecuaciones .....	16
Agradecimientos.....	18
1. Introducción .....	20
2. Justificación del proyecto .....	24
3. Objetivos generales del proyecto .....	26
4. Metodología.....	30
5. Estado de la cuestión sobre el cálculo energético y la rehabilitación energética de edificios docentes .....	50
6. Estudio energético de la Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante.....	62
7. Evaluación energética y económica de las propuestas de rehabilitación energética.....	202
8. Resultados y su discusión .....	240
9. Conclusiones .....	260
10. Referencias bibliográficas.....	264
Glosario .....	266
ANEXO A. Toma de Datos de Referencia del Proyecto Original del edificio.....	270
ANEXO B. Procedimiento de cálculo en LIDER .....	298
ANEXO C. Resultados de cálculo de las Demandas térmicas y su calificación.....	351
ANEXO D. Procedimiento de cálculo en Calener GT para calificación energética.....	404
ANEXO E. Documentación de resultados de cálculo de LIDER y Calener.....	443
ANEXO F. Consumos energéticos del edificio y precio de la energía eléctrica .....	480
ANEXO G. Detalles de las instalaciones propuestas.....	490
ANEXO H. Proceso y cronograma de elaboración del proyecto .....	498

---

## ÍNDICE

Índice de Figuras .....	7
Índice de Tablas .....	10
Índice de Gráficas.....	13
Índice de Planos.....	15
Índice de Ecuaciones.....	16
Agradecimientos .....	18
1. Introducción .....	20
2. Justificación del proyecto .....	24
3. Objetivos generales del proyecto .....	26
3.1. <i>Objetivos específicos</i> .....	27
4. Metodología.....	30
4.1. <i>Proceso y cronograma de elaboración del proyecto</i> .....	35
4.1.1. Concepción inicial del proyecto .....	36
4.1.2. Trabajos previos al desarrollo del proyecto .....	39
4.1.3. Modelo de Simulación y Estudio energético actual del edificio .....	42
4.1.4. Estudio de las propuestas de rehabilitación energética del edificio .....	48
5. Estado de la cuestión sobre el cálculo energético y la rehabilitación energética de edificios docentes.....	50
5.1. <i>Simulación energética en el contexto de la edificación</i> .....	51
5.2. <i>Rehabilitación energética de edificios docentes</i> .....	57
6. Estudio energético de la Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante.....	62
6.1. <i>Descripción del edificio</i> .....	66
6.2. <i>Mediciones, cálculos y verificación de parámetros de cálculo básicos para el Estudio energético</i> .....	72
6.2.1. Higrometría del edificio .....	73
6.2.2. Renovaciones de aire interior .....	74
6.2.3. Tipo de Uso y su Intensidad de los espacios.....	79
6.2.3.1. Uso horario .....	79
6.2.3.2. Intensidad de Uso.....	81
6.2.4. VEEI. Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación .....	83
6.2.5. Verificación del Cumplimiento de límites de transmitancia térmica de la envolvente térmica.....	88
6.3. <i>Estudio General de la demanda térmica del edificio</i> .....	90
6.3.1. Resultados de la Limitación de la Demanda Energética en LIDER.....	92
6.3.2. Demandas térmicas mensuales .....	93

6.3.3.	Demandas térmicas y cargas punta anuales.....	96
6.3.4.	Calificación energética de las demandas térmicas .....	99
6.3.5.	Resultados de cálculo de eficiencia energética en Calener VyP .....	100
<b>6.4.</b>	<b><i>Estudio específico de la demanda térmica por tipos de aulas .....</i></b>	<b>101</b>
6.4.1.	Estudio energético de aulas de planta baja y sótano .....	102
6.4.1.1.	Planta Sótano y Baja. Aulas EP/S-01D y EP/O-17D. Zona Norte.....	102
6.4.1.2.	Planta Baja. Aulas EP/O-17D y EP/O-19D. Zona Norte .....	106
6.4.1.3.	Planta Sótano y Baja. Aulas EP/S-02M y EP/O-18M. Zona SUR .....	108
6.4.1.4.	Planta Sótano y Baja. Aulas EP/S-07D y EP/O-21I. Zona Este.....	111
6.4.1.5.	Planta Sótano y Baja. Aulas EP/S-09G y EP/O-23G. Zona SUR .....	114
6.4.1.6.	Planta Sótano y Baja. Aulas EP/S-12M y EP/O-26M. Zona Sur .....	118
6.4.1.7.	Planta Sótano y Baja. Aulas EP/S-14I y EP/O-28I. zona SUR.....	121
6.4.1.8.	Planta Sótano. Laboratorios Alan Turing y Niklaus Wirth. Zona Oeste .....	123
6.4.1.9.	Planta Sótano. Taller de Arquitectura (Pecera) .....	127
6.4.1.10.	Planta Sótano. Salón de actos. Zona Norte.....	128
6.4.1.11.	Planta Sótano. Aula EP/S-04 de Dibujo arquitectónico .....	130
6.4.2.	Estudio energético de planta primera y segunda .....	132
6.4.2.1.	Módulos 1, 2, 3. Despachos de Secretaría y laboratorios .....	133
6.4.2.2.	Módulos 1, 2, 3. Despachos de Zona Oeste .....	137
6.4.2.3.	Módulos 1, 2, 3. Despachos de Zona Central .....	141
<b>6.5.</b>	<b><i>Estudio específico demanda térmica por plantas y propuestas mejora .....</i></b>	<b>145</b>
6.5.1.	Demandas de Calefacción y su calificación por plantas .....	146
6.5.2.	Demandas de Refrigeración y su calificación por plantas.....	152
<b>6.6.</b>	<b><i>Consideraciones de cálculo de la demanda térmica del edificio en LIDER-Calener</i></b>	<b>160</b>
6.6.1.	Limitaciones de cálculo de la radiación solar .....	160
6.6.2.	Renovación del aire interior .....	163
6.6.3.	Infiltraciones de aire exterior .....	165
<b>6.7.</b>	<b><i>Confort térmico en relación con las costumbres de uso del edificio .....</i></b>	<b>165</b>
6.7.1.	Caso particular de los módulos de planta primera y segunda.....	168
6.7.2.	Modelado de la zona de distribución de los módulos .....	170
<b>6.8.</b>	<b><i>Demanda energética y carga HVAC del edificio en Calener GT .....</i></b>	<b>174</b>
<b>6.9.</b>	<b><i>Resultados calificación energética en Calener GT .....</i></b>	<b>184</b>
6.9.1.	Relación Consumos anuales de Calener GT, estimados y reales del edificio .....	188
6.9.2.	Comparativa consumo eléctrico del edificio respecto la Universidad de Alicante .....	195
<b>7.</b>	<b><i>Evaluación energética y económica de las propuestas de rehabilitación energética.....</i></b>	<b>202</b>

7.1. Identificación de las propuestas de mejora.....	203
7.2. Propuestas de mejora de la envolvente térmica del edificio.....	204
7.2.1. Elementos de sombreado. Lamas horizontales.....	205
7.2.2. Sustitución de vidrios de ventanas del edificio .....	207
7.2.3. Aislamiento térmico de muros y cubiertas .....	210
7.2.4. Estanqueidad de los espacios.....	212
7.2.5. Ventilación cruzada en los módulos .....	215
7.3. Propuestas de mejora de las instalaciones del edificio .....	216
7.3.1. Iluminación LED .....	217
7.3.2. Sistema de ventilación con recuperador de calor .....	222
7.3.3. Instalación fotovoltaica.....	225
7.3.4. Instalación de climatización con bombas de calor geotérmicas .....	230
7.4. Combinación de propuestas de rehabilitación energética .....	232
7.4.1. Rehabilitación energética básica.....	232
7.4.2. Rehabilitación energética integral de la envolvente térmica .....	234
7.4.3. Rehabilitación envolvente térmica y un sistema fotovoltaico.....	236
7.4.4. Rehabilitación envolvente térmica e instalación geotérmica .....	237
7.4.5. Rehabilitación energética integral del edificio .....	238
8. Resultados y su discusión .....	240
8.1. Demanda térmica.....	240
8.2. Consumo eléctrico.....	242
8.3. Calificación energética .....	244
8.4. Facturación energía eléctrica del edificio.....	245
8.5. Propuestas de rehabilitación energética del edificio.....	246
8.6. Opinión sobre las herramientas de cálculo energético.....	258
9. Conclusiones .....	260
10. Referencias bibliográficas .....	264
Glosario.....	266

## ÍNDICE ANEXOS

ANEXO A. Toma de Datos de Referencia del Proyecto Original del edificio.....	270
<i>ANEXO A.1. Descripción material del proyecto del edificio .....</i>	<i>271</i>
<i>ANEXO A.2. Planos de proyecto del Edificio EPS IV .....</i>	<i>281</i>
<i>ANEXO A.3. Características técnicas instalaciones Climatización .....</i>	<i>296</i>
ANEXO B. Procedimiento de cálculo en LIDER .....	298
<i>ANEXO B.1. Tratamiento de planos para definición geométrica en LIDER.....</i>	<i>298</i>
ANEXO B.1.1. Base de Datos de planos y su edición .....	298
ANEXO B.1.2. Edición y carga de plantilla de espacios en LIDER .....	302
<i>ANEXO B.2. Base de Datos. Envolvente Térmica .....</i>	<i>303</i>
ANEXO B.2.1. Cerramientos y particiones del edificio .....	303
ANEXO B.2.2. Cerramientos semitransparentes .....	313
ANEXO B.2.3. Puentes térmicos de la envolvente térmica.....	325
ANEXO B.2.4. Propiedades de los espacios y su iluminación.....	326
<i>ANEXO B.3. Base de datos de cálculo para la definición del edificio en LIDER .....</i>	<i>327</i>
ANEXO B.3.1. Cálculo renovaciones de aire por espacios .....	328
ANEXO B.3.2. Estudio de la ocupación horaria de personas por espacios .....	331
ANEXO B.3.3. Toma de datos y cálculos de Huecos y Lamas horizontales .....	334
ANEXO B.3.4. Datos por espacios en LIDER.....	337
ANEXO B.3.5. Cálculo de la eficiencia energética en iluminación VEEI .....	339
<i>ANEXO B.4. Definición Geométrica del edificio en LIDER.....</i>	<i>342</i>
ANEXO C. Resultados de cálculo de las Demandas térmicas y su calificación.....	351
<i>ANEXO C.1. Calificación energética de las Demandas Térmicas .....</i>	<i>351</i>
<i>ANEXO C.2. Demandas Térmicas y cargas punta .....</i>	<i>353</i>
<i>ANEXO C.3. Gráficas de resultados de Demandas Térmicas y Cargas punta .....</i>	<i>362</i>
<i>ANEXO C.4. Gráficas de Demandas térmicas específicas por espacio .....</i>	<i>383</i>
ANEXO C.4.1. Gráficas Demandas térmicas por espacios planta sótano .....	384
ANEXO C.4.2. Gráficas Demandas térmicas por espacios planta baja.....	391
ANEXO C.4.3. Gráficas Demandas térmicas por espacios primera planta.....	397
ANEXO C.4.4. Gráficas Demandas térmicas por espacios primera planta.....	400
ANEXO D. Procedimiento de cálculo en Calener GT para calificación energética.....	404
<i>ANEXO D.1. Datos del proyecto. Energías Renovables .....</i>	<i>404</i>
<i>ANEXO D.2. Geometría. Edificio.....</i>	<i>407</i>
ANEXO D.2.1. Plantas .....	407

ANEXO D.2.2. Espacios .....	408
ANEXO D.2.3. Ventanas y Puertas.....	420
ANEXO D.2.4. Elementos de sombreado .....	421
<b>ANEXO D.3. Subsistemas primarios.....</b>	<b>422</b>
ANEXO D.3.1. Bombas de recirculación.....	422
ANEXO D.3.2. Circuitos hidráulicos .....	423
ANEXO D.3.3. Bombas de calor. Plantas enfriadoras.....	427
<b>ANEXO D.4. Subsistemas secundarios.....</b>	<b>429</b>
ANEXO D.4.1. Ventilconvectores. Fan-coils .....	429
ANEXO D.4.2. Zonas .....	432
<b>ANEXO D.5. Esquema de la instalación de climatización del edificio .....</b>	<b>434</b>
<b>ANEXO D.6. Base de datos de cálculo para CALENER GT.....</b>	<b>436</b>
ANEXO D.6.1. Relación de superficie de aulas por persona.....	437
ANEXO D.6.2. Potencias y caudales de Fan-Coil .....	439
<b>ANEXO E. Documentación de resultados de cálculo de LIDER y Calener .....</b>	<b>443</b>
<b>ANEXO E.1. Identificación del uso de los espacios del edificio.....</b>	<b>443</b>
<b>ANEXO E.2. Documento Resultados de LIDER. Estado actual.....</b>	<b>444</b>
<b>ANEXO E.3. Documento Resultados de CALENER VyP .....</b>	<b>453</b>
<b>ANEXO E.4. Documento Resultados de CALENER GT. Estado actual y propuestas.....</b>	<b>463</b>
<b>ANEXO F. Consumos energéticos del edificio y precio de la energía eléctrica.....</b>	<b>480</b>
<b>ANEXO F.1. Cálculo de consumos de iluminación y equipamiento del edificio.....</b>	<b>481</b>
<b>ANEXO F.2. Precio de la electricidad Universidad de Alicante año 2013/14.....</b>	<b>487</b>
<b>ANEXO F.3. Comparativa consumo eléctrico EPS IV con Universidad de Alicante.....</b>	<b>488</b>
<b>ANEXO G. Detalles de las instalaciones propuestas .....</b>	<b>490</b>
<b>ANEXO H. Proceso y cronograma de elaboración del proyecto.....</b>	<b>498</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Google Maps. Medición Orientación Edificio .....	66
Figura 2. Vista aérea de situación de la Escuela Politécnica Superior IV y superficie ajardinada .....	66
Figura 3. Vista aérea Norte de la Escuela Politécnica Superior IV en atardecer periodo verano .....	69
Figura 4. Vista aérea Sur de la Escuela Politécnica Superior IV .....	69
Figura 5. LIDER. Datos Pestaña Descripción .....	73
Figura 6. Lista de planes de estudio con docencia en las aulas del edificio .....	77
Figura 7. Resultado cálculo cumplimiento demanda energética CTE DB HE-1. Planta Sótano y Baja .....	92
Figura 8. Resultado cálculo cumplimiento demanda energética CTE DB HE-1. Planta Primera y Segunda .....	92
Figura 9. Cálculo promedio de Limitación de Demanda Energética del edificio .....	92
Figura 10. Plano de situación aulas EP/S-01D y EP/O-17D .....	102
Figura 11. Plano de situación aulas EP/O-17D y EP/O-19D .....	106
Figura 12. Plano de situación aulas EP/S-02M y EP/O-18M .....	108
Figura 13. Plano de situación aulas EP/S-07D y EP/O-21E .....	111
Figura 14. Plano de situación aulas EP/S-09G y EP/O-23G .....	114
Figura 15. Plano de situación aulas EP/S-12M y EP/O-26M .....	118
Figura 16. Plano de situación aula EP/S-14I Planta Sótano .....	121
Figura 17. Plano de situación aula EP/O-28I Planta Baja .....	121
Figura 18. Plano de situación laboratorios Alan Turing y Niklaus Wirth .....	123
Figura 19. Plano de situación Taller de arquitectura (pecera) Planta Sótano .....	127
Figura 20. Plano de situación Salón de actos. Planta Sótano .....	128
Figura 21. Plano de situación Aula EP/S-04 de Dibujo arquitectónico .....	130
Figura 22. Plano de situación Despachos de Secretaría Plantas 1 y 2 .....	133
Figura 23. Plano de situación Despachos de Zona Oeste Plantas 1 y 2 .....	137
Figura 24. Plano de situación Despachos de Zona Central Plantas 1 y 2 .....	141
Figura 25. Modelado de prueba para pasillos de los módulos en LIDER y Calener GT .....	172
Figura 26. Calener GT. Etiqueta Calificación energética .....	184
Figura 27. Esquema tipos de burletes .....	213
Figura 28. Tipo de burletes bajopuerta .....	213
Figura 29. Luminarias LED propuestas para la sustitución .....	217
Figura 30. Esquema ventilación del Recuperador de calor .....	222
Figura 31. Características técnicas de los fan-coil de aulas y despachos .....	296
Figura 32. Características técnicas de las UTA de aulas del proyecto original del edificio .....	296
Figura 33. Características técnicas de las bombas de calor aire-agua del edificio .....	297
Figura 34. QGIS. Plano de Planta Sótano edificio Escuela Politécnica Superior IV .....	298
Figura 35. Superficies simplificadas Planta Sótano para líneas auxiliares de LIDER .....	300
Figura 36. Detalle chaflán aseos de laboratorios Planta Sótano .....	300
Figura 37. Superficies simplificadas Planta Baja para líneas auxiliares de LIDER .....	301
Figura 38. Superficies simplificadas Planta Primera para líneas auxiliares de LIDER .....	301
Figura 39. Programa AUX-LIDER .....	302
Figura 40. LIDER. Definición Muro contención .....	305
Figura 41. LIDER. Definición Muro exterior Planta Sótano y Baja .....	306
Figura 42. LIDER. Definición Muro exterior sobre puertas .....	306
Figura 43. LIDER. Definición Muro exterior entre ventanas .....	307
Figura 44. LIDER. Definición Muros aseos Planta Baja y Sótano .....	308
Figura 45. LIDER. Muros pasillos módulos planta primera y segunda .....	308
Figura 46. LIDER. Muros separación aseo-despachos en módulos planta primera y segunda .....	309
Figura 47. LIDER. Definición Divisiones interiores Planta Baja y Sótano .....	309
Figura 48. LIDER. Definición de parte ciega del muro cortina .....	310
Figura 49. LIDER. Definición pavimento de sótano .....	310
Figura 50. LIDER. Definición pavimento taller arquitectura de Planta Sótano .....	310
Figura 51. LIDER. Definición de pavimento de plantas Baja, primera y segunda .....	311
Figura 52. LIDER. Definición pavimento aseo de planta sótano .....	311
Figura 53. LIDER. Definición de la cubierta de los módulos .....	312
Figura 54. LIDER. Vidrio Ventanas Planta Baja y Sótano. Transmitancia térmica y factor solar .....	313



Figura 55. LIDER. Vidrio Muro Cortina. Transmitancia térmica y factor solar .....	313
Figura 56. LIDER. Marco Muro Cortina. Transmitancia térmica y absorptividad.....	313
Figura 57. Marco Ventanas Planta Sótano y Baja. Transmitancia térmica y absorptividad.....	313
Figura 58. LIDER. Marco Puertas de Madera. Transmitancia térmica y absorptividad .....	313
Figura 59. LIDER. Grupos y tipos de ventanas y puertas definidas .....	315
Figura 60. LIDER. Puentes térmicos encuentros forjado y solera con pared exterior .....	325
Figura 61. LIDER. Puentes térmicos esquinas, ventana y pilar .....	325
Figura 62. AutoCAD. Plantilla modificada con carpintería. Planta Sótano.....	342
Figura 63. LIDER. Plantilla líneas auxiliares. Planta Sótano.....	342
Figura 64. LIDER. Creación de Espacios. Planta Sótano .....	342
Figura 65. LIDER. Modelado Planta Sótano .....	343
Figura 66. LIDER. Creación cerramientos exteriores de forma manual .....	343
Figura 67. LIDER. Creación cerramientos en aula en contacto con aseo.....	343
Figura 68. LIDER. Modelizado Planta Sótano .....	344
Figura 69. LIDER. Modelizado Planta Baja 1 .....	344
Figura 70. LIDER. Modelado entreplanta y cubiertas planta baja.....	344
Figura 71. LIDER. Modelizado Planta Baja 2.....	344
Figura 72. Proceso modelado planta primera de los módulos en LIDER.....	345
Figura 73. LIDER. Unión espacios no habitables de escaleras y ascensor desde sótano a planta segunda.....	345
Figura 74. LIDER. Modelado Entreplanta y Cubiertas Planta Baja .....	345
Figura 75. LIDER. Modelado pasillos de los Módulos .....	345
Figura 76. LIDER. Modelado finalizado Planta primera módulos .....	345
Figura 77. LIDER. Vista 3D modelo edificio completo 1 .....	346
Figura 78. LIDER. Vista 3D modelo edificio completo 2 .....	346
Figura 79. LIDER. Vista 3D modelo edificio completo 3 .....	346
Figura 80. LIDER. Forjados adiabáticos partición modelo en plantas superiores.....	347
Figura 81. LIDER. Vista 3D modelo parte módulos superiores 1.....	347
Figura 82. LIDER. Vista 3D modelo parte módulos superiores 2.....	347
Figura 83. LIDER. Vista 3D modelo parte plantas inferiores 1 .....	348
Figura 84. Calener GT. Vista 3D del edificio completo 1 .....	348
Figura 85. LIDER. Vista 3D modelo parte plantas inferiores con sombras de los módulos superiores .....	348
Figura 86. Calener GT. Vista 3D del edificio completo 2.....	349
Figura 87. Calener GT. Datos generales. Energías renovables .....	404
Figura 88. Calener GT. Alturas entre suelo, forjado y techo .....	407
Figura 89. Calener GT. Ocupación, fuentes internas de calor (equipos), Infiltraciones .....	408
Figura 90. Calener GT. Horario anual de Ocupación para Aulas .....	411
Figura 91. Calener GT. Horario anual de Ocupación para Despachos .....	411
Figura 92. Calener GT. Horario diario modificado para Ocupación de Aulas .....	412
Figura 93. Calener GT. Horario diario para Ocupación de Despachos periodo docente .....	412
Figura 94. Calener GT. Horario diario para Ocupación del edificio en periodo de Exámenes.....	412
Figura 95. Calener GT. Horario diario para Ocupación de Aulas en periodo de Evaluación .....	412
Figura 96. Calener GT. Horario diario para Ocupación de Despachos en periodo de Evaluación .....	413
Figura 97. Calener GT. Horario diario Ocupación de Aulas periodo Defensa proyectos finales.....	413
Figura 98. Calener GT. Infiltraciones de aire exterior.....	415
Figura 99. Calener GT. Horario diario modificado para Infiltraciones.....	416
Figura 100. Calener GT. Datos pestaña Iluminación Artificial.....	416
Figura 101. Calener GT. Horario anual de Iluminación.....	417
Figura 102. Calener GT. Horario diario modificado para Iluminación de Aulas.....	418
Figura 103. Calener GT. Horario diario para Iluminación de Despachos.....	418
Figura 104. Calener GT. Horario diario para Iluminación de Aulas en periodo de Evaluación .....	419
Figura 105. Calener GT. Horario diario para Iluminación de Despachos en periodo de Evaluación .....	419
Figura 106. Calener GT. Horario diario para Iluminación de Aulas en periodo de Exámenes.....	419
Figura 107. Calener GT. Horario diario para Iluminación de Despachos en periodo de Exámenes .....	419
Figura 108. Calener GT. Propiedades de ventanas por defecto.....	420
Figura 109. Calener GT. Propiedades ventanas modificadas .....	420
Figura 110. Calener GT. Propiedades bomba de recirculación circuito despachos Módulo 1 .....	422
Figura 111. Calener GT. Horario disponibilidad refrigeración .....	424



Figura 112. Calener GT. Horario disponibilidad calefacción .....	424
Figura 113. Calener GT. Horario diario de disponibilidad climatización .....	424
Figura 114. Calener GT. Propiedades circuito hidráulico primario despachos módulo 1 .....	424
Figura 115. Calener GT. Control temperatura de circuito hidráulico primario .....	425
Figura 116. Tabla Climática de San Vicente del Raspeig .....	426
Figura 117. Calener GT. Propiedades por tipo de Bomba de Calor aire-agua del edificio .....	428
Figura 118. Calener GT. Horario anual de ventiladores de impulsión fan-coil .....	431
Figura 119. Calener GT. Horarios de control de disponibilidad de calefacción y refrigeración .....	431
Figura 120. Calener GT. Caudales de aire de impulsión y renovación de aire exterior del aula EP/S-01D .....	433
Figura 121. Calener GT. Potencias frío/calor del fan-coil aula EP/S-01D .....	433
Figura 122. Calener GT. Esquema instalación de climatización del edificio .....	434
Figura 123. Calener GT. Esquema instalación de climatización de los despachos del módulo 3 .....	435
Figura 124. Calener GT. Esquema instalación de climatización de aulas del módulo 1 .....	435
Figura 125. Precio descompuesto sustitución luminarias tipo LED .....	490
Figura 126. Características técnicas propuesta sustitución de vidrios ventanas .....	495
Figura 127. Características técnicas del recuperador de calor propuesto .....	496
Figura 128. Características técnicas bomba geotérmica DYNACIAT ILG 300V .....	497

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Carga de trabajo del proceso de desarrollo del proyecto .....	35
Tabla 2. Cargas Latentes y Sensibles según la Intensidad de Uso en LIDER .....	79
Tabla 3. Medición luxómetro. Relación entre espacios y similares en iluminancia media mantenida.....	84
Tabla 4. Valores límite VEEI de eficiencia energética de la instalación de iluminación.....	85
Tabla 5. Cumplimiento límites transmitancia térmica cerramientos según normativas DB-HE1, NBE-CT-79 .....	89
Tabla 6. Resumen Demandas calefacción y refrigeración por meses y año (kWh/m <sup>2</sup> *mes) .....	93
Tabla 7. Resumen Demandas y cargas puntas de calefacción y refrigeración por plantas y edificio .....	96
Tabla 8. Relación % Demandas y Cargas punta del edificio.....	96
Tabla 9. Calificación energética de las demandas calefacción y refrigeración por plantas y edificio.....	99
Tabla 10. Resumen resultados calificación energética en Calener VyP .....	100
Tabla 11. LIDER. Resumen demandas térmicas y calificación. Aulas EP/S-01D y EP/O-17D.....	102
Tabla 12. LIDER. Resumen demandas térmicas y calificación. Aulas EP/O-17D y EP/O-19D.....	106
Tabla 13. LIDER. Resumen demandas térmicas y calificación. Aulas EP/S-02M y EP/O-18M .....	108
Tabla 14. LIDER. Resumen demandas térmicas y calificación. Aulas EP/S-07D y EP/O-21E.....	111
Tabla 15. LIDER. Resumen demandas térmicas y calificación. Aulas EP/S-09G y EP/O-23G.....	114
Tabla 16. LIDER. Resumen demandas térmicas y calificación. Aulas EP/S-12M y EP/O-26M .....	118
Tabla 17. LIDER. Resumen demandas térmicas y calificación. Aulas EP/S-14I y EP/O-28I.....	121
Tabla 18. LIDER. Resumen demandas térmicas y calificación. Laboratorios Alan Turing y Niklaus Wirth .....	123
Tabla 19. LIDER. Resumen demandas térmicas y calificación. Taller Arquitectura (pecera).....	127
Tabla 20. LIDER. Resumen demandas térmicas y calificación. Salón de actos.....	128
Tabla 21. LIDER. Resumen demandas térmicas y calificación. Aula EP/S-04 de Dibujo arquitectónico .....	130
Tabla 22. LIDER. Resumen demandas térmicas y calificación. Secretarías de planta 1 y 2 .....	133
Tabla 23. LIDER. Resumen demandas térmicas y calificación. Despachos zona Oeste planta 1 y 2 .....	137
Tabla 24. LIDER. Resumen demandas térmicas y calificación. Despachos zona Central planta 1 y 2 .....	141
Tabla 25. LIDER. Resumen % demandas de calefacción por zonas y su calificación .....	146
Tabla 26. LIDER. Resumen % demandas de refrigeración por zonas y su calificación .....	152
Tabla 27. Calener GT. Consumos energía final, primaria y emisiones CO <sub>2</sub> .....	184
Tabla 28. Calener GT. Resumen indicadores energéticos anuales .....	184
Tabla 29. Calener GT. Coeficientes de paso de energía final a energía primaria y emisiones CO <sub>2</sub> .....	188
Tabla 30. Calener GT. Consumos eléctricos mensual y anual .....	189
Tabla 31. Resumen comparativo consumos Calener GT y reales estimados finales.....	192
Tabla 32. Variación anual del precio electricidad de la Universidad Alicante año 2013/14.....	196
Tabla 33. Consumo eléctrico kWh Escuela Politécnica Superior IV 2011-2014 .....	197
Tabla 34. Identificación resumida de las propuestas para la rehabilitación energética.....	203
Tabla 35. Resumen ahorro energético con propuesta de lamas horizontales .....	206
Tabla 36. Variación demandas de calefacción y refrigeración por radiación solar por ajuste de lamas horizontales .....	207
Tabla 37. Resumen estudio de viabilidad propuesta sustitución vidrios edificio .....	209
Tabla 38. Resultados de ahorro energético de cálculo por aislamiento térmico .....	210
Tabla 39. Presupuesto y mediciones propuesta aislamiento térmico del edificio .....	211
Tabla 40. Precios unitarios burletes.....	214
Tabla 41. Presupuesto Ejecución Material Burletes .....	214
Tabla 42. Resumen estudio viabilidad. Sustitución luminaria LED .....	221
Tabla 43. Resumen presupuesto implantación del sistema de recuperación de calor y burletes.....	224
Tabla 44. Datos y cálculos de radiación solar, meteorológicos, y geográficos de Alicante.....	226
Tabla 45. Relación producción energía .....	227
Tabla 46. Resumen estudio viabilidad. Instalación fotovoltaica .....	229
Tabla 47. Resumen resultados estudio energético y de viabilidad de la instalación geotérmica.....	231
Tabla 48. Resumen estudio viabilidad rehabilitación energética básica .....	234
Tabla 49. Resumen estudio viabilidad rehabilitación energética integral de la envolvente térmica .....	235
Tabla 50. Resumen estudio viabilidad rehabilitación energética de la envolvente térmica con instalación fotovoltaica .....	236
Tabla 51. Resumen estudio viabilidad rehabilitación energética de la envolvente térmica con instalación fotovoltaica .....	237
Tabla 52. Resumen estudio viabilidad rehabilitación energética integral del edificio .....	239
Tabla 53. Resumen ahorros energéticos de las diferentes propuestas de rehabilitación energética del edificio .....	262
Tabla 54. Superficies netas en el edificio EPS IV (m <sup>2</sup> ). Fuente: Universidad de Alicante .....	300

Tabla 55. Cotas de las plantas del proyecto en LIDER .....	302
Tabla 56. Resistencia Térmica Cámaras de Aire. Cálculo según EN ISO 6946 Anexo B .....	306
Tabla 57. Absortividad del marco para radiación solar $\alpha$ . CTE-DA-HE-1 .....	314
Tabla 58. Absortividad solar de superficies de aluminio .....	314
Tabla 59. Resumen superficie acristalada Total y por Orientación del edificio .....	315
Tabla 60. Resumen Normativa permeabilidad al aire de la carpintería .....	316
Tabla 61. Factor de sombra lamas horizontales CTE DA DB HE-1 .....	323
Tabla 62. Absortividad, reflectividad y transmisividad de materiales metálicos .....	324
Tabla 63. Renovaciones de aire mínimas en aulas .....	329
Tabla 64. Renovaciones de aire mínimas en laboratorios, despachos y otros .....	330
Tabla 65. Estudio variación anual horas docencia entre curso 2012/13 y 2013/14 .....	332
Tabla 66. Estudio ocupación personas por aulas y su variación entre curso 2012/12 y 2013/14 .....	333
Tabla 67. Toma de datos de ventanas. Dimensiones, permeabilidad al aire, ángulo inclinación lamas .....	335
Tabla 68. Nº pilares, renovaciones de aire, potencia iluminación, VEEL, de aulas y salas .....	337
Tabla 69. Nº pilares, renovaciones de aire, potencia iluminación, VEEL, de despachos, aseos y pasillos .....	338
Tabla 70. Cálculo VEEL y potencia instalada iluminación por aulas .....	340
Tabla 71. Cálculo VEEL y potencia instalada iluminación por salas, despachos, aseos y pasillos .....	341
Tabla 72. Escala Calificación Energética y sus colores RGB. Elaboración propia .....	351
Tabla 73. Calificación energética de las Demandas térmicas por espacios, plantas y edificio .....	352
Tabla 74. Demandas en Calefacción y Refrigeración por espacios (kWh/año- kWh/m <sup>2</sup> *año) .....	354
Tabla 75. Cargas Punta en Calefacción y Refrigeración por espacios (W - W/m <sup>2</sup> ) .....	355
Tabla 76. Demandas en Calefacción mensual por espacios (kWh/m <sup>2</sup> *mes) .....	356
Tabla 77. Demandas en Refrigeración mensual por espacios (kWh/m <sup>2</sup> *mes) .....	357
Tabla 78. Demandas anuales Calefacción por envolvente térmica (kWh/m <sup>2</sup> *año) .....	358
Tabla 79. Relación % Demandas anuales Calefacción por envolvente térmica y totales por espacio .....	359
Tabla 80. Demandas anuales Refrigeración en concepto de envolvente térmica (kWh/m <sup>2</sup> *año) .....	360
Tabla 81. Relación % Demandas anuales Refrigeración por envolvente térmica y totales por espacio .....	361
Tabla 82. Potencia unitaria por tipos de equipos en el edificio .....	414
Tabla 83. Cálculo relación de superficie por persona en aulas .....	437
Tabla 84. Cálculo relación de superficie por persona en salas, despachos y aseos .....	438
Tabla 85. Potencias y caudales de los fan-coils por espacios y circuito hidráulico en aulas .....	440
Tabla 86. Potencias y caudales de los fan-coils por espacios y circuito hidráulico en salas y despachos .....	442
Tabla 87. Código LIDER para identificación del uso de los espacios del edificio .....	443
Tabla 88. Calificación energética estado actual edificio .....	464
Tabla 89. Calificación energética con control de lamas horizontales .....	465
Tabla 90. Calificación energética Sustitución de vidrios .....	466
Tabla 91. Calificación energética Aislamiento de muros exteriores .....	467
Tabla 92. Calificación energética Aislamiento de cubiertas .....	468
Tabla 93. Calificación energética Aislamiento de muros y cubiertas .....	469
Tabla 94. Calificación energética Estanqueidad carpinterías .....	470
Tabla 95. Calificación energética Estanqueidad carpinterías y recuperador de calor .....	471
Tabla 96. Calificación energética con Iluminación LED .....	472
Tabla 97. Calificación energética con Instalación Fotovoltaica .....	473
Tabla 98. Calificación energética con Instalación geotérmica con bombas geotérmicas .....	474
Tabla 99. Calificación energética con propuesta de Rehabilitación energética Básica .....	475
Tabla 100. Calificación energética. Rehabilitación energética integral de la envolvente térmica .....	476
Tabla 101. Calificación energética. Rehabilitación energética de la envolvente térmica con sistema fotovoltaico .....	477
Tabla 102. Calificación energética. Rehabilitación energética de la envolvente térmica con instalación geotérmica .....	478
Tabla 103. Calificación energética. Rehabilitación energética integral combinada .....	479
Tabla 104. Resumen potencia iluminación instalada (W) por plantas y usos .....	481
Tabla 105. Resumen consumos iluminación (kWh/año) por plantas y usos .....	481
Tabla 106. Resumen potencia equipamiento instalado (W) por plantas y usos .....	481
Tabla 107. Resumen consumos equipamiento (kWh/año) por plantas y usos .....	481
Tabla 108. Cálculo de potencias y consumos de iluminación de las aulas .....	482
Tabla 109. Cálculo potencias y consumos iluminación de salas, laboratorios y despachos .....	483
Tabla 110. Cálculo potencias y consumos iluminación de aseos, pasillos interiores y exteriores .....	484
Tabla 111. Cálculo potencias y consumos equipamiento de aulas .....	485

Tabla 112. Cálculo potencias y consumos de equipamiento de salas, laboratorios y despachos .....	486
Tabla 113. Precio electricidad y consumo mensual Universidad de Alicante y EPS IV año 2013/14 .....	487
Tabla 114. Consumo eléctrico por superficie útil de los edificios Universidad de Alicante .....	489
Tabla 115. Resumen potencia instalada y consumos iluminación LED .....	491
Tabla 116. Cálculo VEEI edificio con iluminación LED .....	492
Tabla 117. Estudio de viabilidad instalación fotovoltaica.....	494
Tabla 118. Estudio de viabilidad iluminación LED .....	494

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Diagrama de flujo proceso selección Proyecto Final de Grado .....	37
Gráfica 2. Diagrama de flujo proceso metodológico de desarrollo del Proyecto Final de Grado .....	38
Gráfica 3. Diagrama de flujo proceso del Estudio Energético del Edificio Previo.....	46
Gráfica 4. Diagrama de flujo de Simulación del estado actual del edificio y obtención de resultados de cálculo .....	47
Gráfica 5. Diagrama de flujo proceso de cálculos de ahorro energético de las propuestas de rehabilitación energética .....	48
Gráfica 6. Demandas térmicas mensuales promedio de los espacios del edificio (kWh/m <sup>2</sup> *mes).....	94
Gráfica 7. Demandas térmicas mensuales generales del edificio (kWh/m <sup>2</sup> *mes) .....	94
Gráfica 8. Planta Baja y Sótano. Demandas térmicas y Cargas punta .....	98
Gráfica 9. Planta Primera y Segunda. Demandas térmicas y Cargas punta .....	98
Gráfica 10. Calener GT. Demanda y carga térmica mensual (kWh) .....	175
Gráfica 11. Calener GT. Demanda y carga térmica punta mensual (kW) .....	175
Gráfica 12. Calener GT. Horas mensuales de funcionamiento Climatización .....	176
Gráfica 13. Calener GT. Desglose Demandas Verano (kWh) .....	178
Gráfica 14. Calener GT. Desglose Demandas Invierno (kWh) .....	179
Gráfica 15. Calener GT. Desglose Demanda Punta anual (kW/año) .....	180
Gráfica 16. Calener GT. Desglose Demanda Térmica anual (kWh/año).....	180
Gráfica 17. Calener GT. Desglose Demanda Térmica y Punta anual %.....	181
Gráfica 18. Calener GT. Consumos de energía final mensuales .....	188
Gráfica 19. Calener GT. Resultados consumos anuales energía final (KWh/año) .....	190
Gráfica 20. Comparativa consumos mensuales eléctricos totales Reales y calculados en Calener GT .....	193
Gráfica 21. Consumo Eléctrico Calener GT EPS IV (kWh/año) .....	193
Gráfica 22. Consumo Eléctrico final estimado EPS IV (kWh/año) .....	194
Gráfica 23. Precio electricidad Universidad de Alicante año 2013/14.....	196
Gráfica 24. Consumo eléctrico kWh Escuela Politécnica Superior IV 2011-2014 .....	198
Gráfica 25. Demanda de calefacción por radiación solar en ventanas (kWh/mes). Lamas actuales y modif.....	206
Gráfica 26. Demanda de refrigeración por radiación solar en ventanas (kWh/mes). Lamas actuales y modif.....	206
Gráfica 27. Calener GT. Comparativa ahorro eléctrico con iluminación LED en el edificio .....	219
Gráfica 28. Producción energía eléctrica instalación fotovoltaica (kWh/día).....	226
Gráfica 29. Gráfica 29. Producción energía eléctrica instalación fotovoltaica (kWh/mes) .....	227
Gráfica 30. Demandas Calefacción-Refrigeración por espacios (kWh/año) .....	363
Gráfica 31. Demandas Calefacción-Refrigeración por espacios (kWh/m <sup>2</sup> *año) .....	364
Gráfica 32. Cargas Punta en Calefacción y Refrigeración (W) .....	365
Gráfica 33. Cargas Punta en Calefacción y Refrigeración (W/m2) .....	366
Gráfica 34. Paredes Exteriores. Demandas Calefacción (kWh/m <sup>2</sup> *año) .....	367
Gráfica 35. Paredes Exteriores. Demandas Refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> *año).....	368
Gráfica 36. Cubiertas. Demandas Calefacción (kWh/m <sup>2</sup> *año).....	369
Gráfica 37. Cubiertas. Demandas Refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> *año) .....	370
Gráfica 38. Suelos. Demandas Calefacción (kWh/m <sup>2</sup> *año).....	371
Gráfica 39. Suelos. Demandas Refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> *año) .....	372
Gráfica 40. Puentes Térmicos. Demandas Calefacción (kWh/m <sup>2</sup> *año) .....	373
Gráfica 41. Puentes Térmicos. Demandas Refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> *año).....	374
Gráfica 42. Radiación Solar Ventanas. Demandas Calefacción (kWh/m <sup>2</sup> *año) .....	375
Gráfica 43. Radiación Solar Ventanas. Demandas Refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> *año).....	376
Gráfica 44. Transmisión Ventanas. Demandas Calefacción (kWh/m <sup>2</sup> *año).....	377
Gráfica 45. Transmisión Ventanas. Demandas Refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> *año).....	378
Gráfica 46. Fuentes Internas. Demandas Calefacción (kWh/m <sup>2</sup> *año) .....	379
Gráfica 47. Fuentes Internas. Demandas Refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> *año).....	380
Gráfica 48. Infiltraciones de Aire Exterior. Demandas Calefacción (kWh/m <sup>2</sup> *año) .....	381
Gráfica 49. Infiltraciones de Aire Exterior. Demandas Refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> *año) .....	382
Gráfica 50. Aula EP/S-01D. Demandas térmicas y Cargas punta .....	384
Gráfica 51. Aula EP/S-02M. Demandas térmicas y Cargas punta .....	384
Gráfica 52. Aula EP/S-03D. Demandas térmicas y Cargas punta .....	384
Gráfica 53. Aula EP/S-04E. Demandas térmicas y Cargas punta .....	385
Gráfica 54. Aula EP/S-05D. Demandas térmicas y Cargas punta .....	385

Gráfica 55. Aula EP/S-06D. Demandas térmicas y Cargas punta .....	385
Gráfica 56. Aula EP/S-07D. Demandas térmicas y Cargas punta .....	386
Gráfica 57. Aula EP/S-08M. Demandas térmicas y Cargas punta .....	386
Gráfica 58. Aula EP/S-09G. Demandas térmicas y Cargas punta .....	386
Gráfica 59. Aula EP/S-10P. Demandas térmicas y Cargas punta .....	387
Gráfica 60. Aula EP/S-11P. Demandas térmicas y Cargas punta .....	387
Gráfica 61. Aula EP/S-12M. Demandas térmicas y Cargas punta .....	387
Gráfica 62. Aula EP/S-13I. Demandas térmicas y Cargas punta .....	388
Gráfica 63. Aula EP/S-14I. Demandas térmicas y Cargas punta .....	388
Gráfica 64. Aula EP/S-15M. Demandas térmicas y Cargas punta .....	388
Gráfica 65. Taller Maquetas. Demandas térmicas y Cargas punta .....	389
Gráfica 66. Taller Arquitectura (Pecera). Demandas térmicas y Cargas punta .....	389
Gráfica 67. Lab. invest. Alan Turing. Demandas térmicas y Cargas punta .....	389
Gráfica 68. Lab. invest. Niklaus Wirth. Demandas térmicas y Cargas punta .....	390
Gráfica 69. Salón de Actos. Demandas térmicas y Cargas punta .....	390
Gráfica 70. Sala Reuniones. Claude Shannon. Demandas térmicas y Cargas punta .....	390
Gráfica 71. Aula EP/O-17D. Demandas térmicas y Cargas punta .....	391
Gráfica 72. Aula EP/O-18M. Demandas térmicas y Cargas punta .....	391
Gráfica 73. Aula EP/O-19D. Demandas térmicas y Cargas punta .....	391
Gráfica 74. Laboratorio Invest. PB. Demandas térmicas y Cargas punta .....	392
Gráfica 75. Aula EP/O-20D. Demandas térmicas y Cargas punta .....	392
Gráfica 76. Aula EP/O-21E. Demandas térmicas y Cargas punta .....	392
Gráfica 77. Aula EP/O-22M. Demandas térmicas y Cargas punta .....	393
Gráfica 78. Aula EP/O-23G. Demandas térmicas y Cargas punta .....	393
Gráfica 79. Aula EP/O-24P. Demandas térmicas y Cargas punta .....	393
Gráfica 80. Aula EP/O-25M. Demandas térmicas y Cargas punta .....	394
Gráfica 81. Aula EP/O-26M. Demandas térmicas y Cargas punta .....	394
Gráfica 82. Aula EP/O-30I. Demandas térmicas y Cargas punta .....	394
Gráfica 83. Aula EP/O-28I. Demandas térmicas y Cargas punta .....	395
Gráfica 84. Aula EP/O-16M. Demandas térmicas y Cargas punta .....	395
Gráfica 85. Laboratorio Técnico PB. Demandas térmicas y Cargas punta .....	395
Gráfica 86. Aula EP/O-29I. Demandas térmicas y Cargas punta .....	396
Gráfica 87. Sala de Reuniones PB. Demandas térmicas y Cargas punta .....	396
Gráfica 88. Conserjería. Demandas térmicas y Cargas punta .....	396
Gráfica 89. Aula EP/O-27I. Demandas térmicas y Cargas punta .....	397
Gráfica 90. Despachos Zona Oeste P1 Módulo 3. Demandas térmicas y Cargas punta .....	397
Gráfica 91. Despachos Zona Central P1 Módulo 3. Demandas térmicas y Cargas punta .....	397
Gráfica 92. Despachos Secretaria P1 Módulo 3. Demandas térmicas y Cargas punta .....	398
Gráfica 93. Despachos Zona Oeste P1 Módulo 2. Demandas térmicas y Cargas punta .....	398
Gráfica 94. Despachos Zona Central P1 Módulo 2. Demandas térmicas y Cargas punta .....	398
Gráfica 95. Despachos Secretaria P1 Módulo 1. Demandas térmicas y Cargas punta .....	399
Gráfica 96. Despachos Zona Oeste P1 Módulo 1. Demandas térmicas y Cargas punta .....	399
Gráfica 97. Despachos Zona Central P1 Módulo 1. Demandas térmicas y Cargas punta .....	399
Gráfica 98. Despachos Secretaria P1 Módulo 2. Demandas térmicas y Cargas punta .....	400
Gráfica 99. Despachos Zona Oeste P2 Módulo 3. Demandas térmicas y Cargas punta .....	400
Gráfica 100. Despachos Zona Central P2 Módulo 3. Demandas térmicas y Cargas punta .....	400
Gráfica 101. Despachos Secretaria P2 Módulo 3. Demandas térmicas y Cargas punta .....	401
Gráfica 102. Despachos Zona Oeste P2 Módulo 2. Demandas térmicas y Cargas punta .....	401
Gráfica 103. Despachos Zona Central P2 Módulo 2. Demandas térmicas y Cargas punta .....	401
Gráfica 104. Despachos Zona Oeste P2 Módulo 1. Demandas térmicas y Cargas punta .....	402
Gráfica 105. Despachos Zona Central P2 Módulo 1. Demandas térmicas y Cargas punta .....	402
Gráfica 106. Despachos Secretaria P2 Módulo 1. Demandas térmicas y Cargas punta .....	402
Gráfica 107. Despachos Secretaria P2 Módulo 2. Demandas térmicas y Cargas punta .....	403
Gráfica 108. Consumo Anual agua m <sup>3</sup> . .....	406
Gráfica 109. Diagrama temporal de desarrollo de los procesos del proyecto .....	498

## ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1. Distribución. Planta Sótano .....	282
Plano 2. Distribución. Planta Baja .....	283
Plano 3. Distribución. Planta Primera .....	284
Plano 4. Distribución. Planta Segunda .....	285
Plano 5. Sección vertical constructiva. Módulos despachos .....	286
Plano 6. Climatización. Planta Sótano .....	287
Plano 7. Climatización. Planta Baja .....	288
Plano 8. Climatización. Planta Primera y Segunda .....	289
Plano 9. Climatización. Cubierta .....	290
Plano 10. Climatización. Esquema hidráulico despachos Módulos .....	291
Plano 11. Climatización. Esquema hidráulico aulas .....	292
Plano 12. Iluminación. Planta Sótano .....	293
Plano 13. Iluminación. Planta Baja .....	294
Plano 14. Iluminación. Planta Primera y Segunda .....	295



## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. VEEI .....	83
Ecuación 2. Corrector del Factor Solar .....	323





## AGRADECIMIENTOS

Se agradece en primer lugar el apoyo moral de mi madre durante el largo desarrollo de este proyecto, al compañero Arquitecto Técnico *Jose Miguel Carmona Paino*, con quién se ha podido conversar abiertamente y en detalle sobre cuestiones relacionadas con la eficiencia energética de edificios; así como al *personal* de la *Oficina Técnica* de la Universidad de Alicante, que ha contribuido a facilitar datos necesarios solicitados del edificio de la *Escuela Politécnica Superior IV de la Universidad de Alicante* para poder empezar a desarrollar el proyecto.

1. **Joaquín Antonio López Davó**, *Tutor* de este proyecto y *Profesor* de las asignaturas de *Instalaciones y Herramientas Informáticas aplicadas a la Edificación*.
2. **Ángel Nájera Pérez**, *Profesor* de la Asignatura *Dirección Integrada de Proyectos* del Máster de Gestión de Edificación. Ha motivado indirectamente a desarrollar el trabajo de su asignatura como proyecto final de grado y máster.
3. **Juan Galindo López**, *Delineante* de la Oficina Técnica Universidad Alicante. Ha permitido la *consulta del proyecto original de la Escuela Politécnica Superior IV*.
4. **Francesc Vañó Beneyto**, *Director* del Servicio de Infraestructuras de la *Oficina Técnica* Universidad de Alicante. Autorizó el acceso a todas las aulas del edificio para medición con luxómetro.
5. **Juana Esquembre Lon**, *Gestora* de la *Oficina Técnica* Universidad Alicante. Ha proporcionado *listas de consumos eléctricos facturados* en la zona de la Politécnica Superior IV de la Universidad y precio de la energía eléctrica.
6. **Miguel Ángel Lozano Ortega**, *Subdirector* de la Unidad Técnica de Calidad Universidad Alicante, junto a **Alicia Falcó Jover**, *Analista* del Servicio de Informática SIUA Universidad Alicante. Han proporcionado una *base de datos de ocupación de todos espacios de los edificios de la Universidad de Alicante*.
7. **Lola Alonso Vera**, *Arquitecta* autora del edificio *Escuela Politécnica Superior IV Universidad Alicante*. Ha atendido personalmente y recomendado.
8. **Ayuntamiento de San Vicente del Raspeig**, Departamento de Urbanismo. No ha facilitado la consulta del proyecto del edificio, aunque ha proporcionado *una lista de tasas* o impuestos para la construcción.



# 1. INTRODUCCIÓN

Este proyecto final de grado es un informe del estudio energético del estado actual de la *Escuela Politécnica Superior IV* y futuro según las diferentes propuestas para su rehabilitación energética, que tiene carácter profesional y cierto contenido investigador, desarrollado en solitario a través de la investigación y experimentación propia, en definitiva gracias a los conocimientos previos adquiridos en las asignaturas de Instalaciones de Climatización y Aplicaciones Informáticas aplicadas a la Edificación de *Arquitectura Técnica*, de cursos de certificación energética externos a la universidad y de una formación autodidacta, debido al gran interés que despierta el tema de eficiencia energética, sostenibilidad, instalaciones eficientes y energías renovables aplicadas a la edificación.

La concepción arquitectónica del edificio objeto de estudio, la *Escuela Politécnica Superior IV de la Universidad de Alicante*, se caracteriza por la apuesta por el mayor uso del exterior de sus espacios dentro de la superficie del solar, para poder trabajar al aire libre en pasillos y espacios abiertos que quedan entre los bloques de las aulas, al mismo tiempo que se favorece el contacto entre las personas fuera de las aulas y despachos.

Sin embargo, aunque el edificio se encuentra en una zona con clima mediterráneo, suaves temperaturas y largos días soleados durante la mayor parte del año, presenta una serie de inconvenientes de *confort térmico* de quienes lo habitan, en los periodos del año donde las temperaturas son más acusadas, por lo que estos inconvenientes motivan el estudio energético de las causas que los generan y la búsqueda y aporte de soluciones viables en lo referente a la mejora de su eficiencia energética de su envolvente térmica e instalaciones de iluminación y climatización.

Tras un primer acercamiento a la cuestión, se observa que la inestabilidad térmica de las aulas y despachos del edificio generan un aumento considerable del consumo energético del edificio, además de no conseguir con efectividad que las temperaturas y humedad del aire se mantengan en un rango de confort durante todo el año.

Por tanto, es necesario realizar en primer lugar un *estudio energético del edificio* tanto de demandas térmicas que se generan, como de *consumos energéticos* de las instalaciones del edificio, para conocer el comportamiento energético actual del edificio y obtener una base de resultados de cálculo objetivos, mediante los cuáles tomar decisiones acertadas para la propuesta de actuaciones efectivas para su rehabilitación energética.

Una vez definido el modelo energético actual del edificio, simulado mediante los programas *LIDER* y *Calener GT*, se realiza un análisis del comportamiento energético general del edificio, así como un estudio energético comparativo detallado por tipos de espacios y plantas, cuyo estudio permite determinar con mayor precisión la conveniencia y prioridad de las posibles mejoras de la eficiencia energética del edificio; es decir, se señalan los aspectos de la envolvente térmica e instalaciones del edificio susceptibles de mejora de su eficiencia energética y se establecen una serie de propuestas para su rehabilitación energética.

Finalmente, se realiza un estudio energético simulado en *Calener GT* y un estudio económico estimado, tanto individualizado para cada posible actuación de mejora de la eficiencia energética del edificio, como para las diferentes combinaciones de actuaciones para su rehabilitación energética.

En concreto, se pretende con el estudio de este proyecto, cuantificar con detalle el comportamiento energético actual y futuro del edificio y los ahorros energéticos generados por diferentes propuestas para su rehabilitación energética; a tratar el aislamiento térmico de fachadas y cubiertas, la sustitución de vidrios, el control de la protección solar de lamas horizontales, la estanqueidad de carpinterías y sistema de ventilación con recuperación de calor, la iluminación tipo LED, la instalación fotovoltaica y un sistema de climatización híbrido mediante bombas de calor geotérmicas acopladas al terreno y al sistema de climatización del edificio.

Puesto que según normativa, todo edificio nuevo o rehabilitado debe justificar el cumplimiento de las limitaciones de ahorro energético de los edificios mediante su certificación y calificación energética; se da un uso extendido de los documentos reconocidos *LIDER-Calener VyP* y *Calener GT* del Ministerio de Industria, Energía y Turismo de España para la elaboración del *estudio energético* y su calificación energética de las demandas, cargas térmicas y consumos energéticos del edificio, tanto del estado actual como su estado tras los diferentes supuestos de rehabilitación energética; cuyos resultados permiten a su vez, determinar la viabilidad económica de las propuestas.

El estudio de este proyecto muestra además la metodología propia usada para la obtención de resultados y su posterior análisis. Por tanto, el desarrollo de este proyecto contempla y requiere de un estudio exhaustivo de las instalaciones y la envolvente térmica del edificio, así como de toma de datos y mediciones in situ, resolver la generación geométrica del edificio y sus características específicas de simulación, la generación de

## 1. INTRODUCCIÓN

---

una base de datos extensa de cálculos previos de parámetros de cálculo necesarios para su simulación, y también la posterior edición, uso y revisión detallada de los resultados de cálculo energético generados por las herramientas utilizadas, *LIDER-Calener VyP* y *Calener GT*.

Por último, este estudio permite cuantificar por simulación el máximo ahorro eléctrico del edificio y la reducción de la demanda térmica que pudiera generarse tras la rehabilitación energética del edificio, así como su conveniencia y viabilidad económica, en el caso de que en un futuro se decidiera mejorar la eficiencia energética del edificio.



## 2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto es un reto profesional ambicioso, que por una parte pretende demostrar los conocimientos y destrezas desarrollados en el ámbito de la eficiencia energética de cualquier tipo de edificación, a través de los documentos reconocidos del Ministerio de España para su cálculo energético.

Por otra parte, el edificio de la *Escuela Politécnica Superior IV* muestra gran una dificultad para su cálculo energético debido a su cantidad de espacios, ventanas y geometría singular, especialmente entre la conexión de espacios entre la planta baja y módulos transversales de planta primera y segunda.

Además la definición del sistema de climatización en *Calener GT* es laboriosa y requiere un estudio exhaustivo del proyecto del edificio y de una extensa base de datos de parámetros de cálculo imprescindibles, para definir el edificio con máximo detalle en *LIDER* y *Calener GT*, de forma que los resultados de cálculo energético sean lo más coherentes posibles con el comportamiento energético real del edificio y que la toma de decisiones para su rehabilitación energética sean precisas.

Este proyecto podría beneficiar directamente a la Universidad de Alicante y a la Arquitecta *Lola Alonso Vera*, autora del edificio, porque informa del estado actual del edificio en cuanto a su eficiencia energética y consumos eléctricos, así como de las posibles medidas de mejora de su eficiencia energética que pudieran tenerse en cuenta durante los próximos años. Para ello, se incluye el certificado energético del edificio del estado actual y futuro para cada propuesta de rehabilitación energética.

Por tanto, este proyecto final de grado se presenta a su vez como un plan de proyecto de propuesta de rehabilitación energética real del edificio, cuya finalidad es resolver la falta de confort térmico de los espacios del edificio y así como lograr reducir el consumo eléctrico del edificio, para lograr su sostenibilidad y mayor calidad edificatoria.

En los próximos años es probable que las políticas y normativas sobre la eficiencia energética en edificación promuevan la rehabilitación energética de los edificios universitarios, que son de gran interés por su alto consumo energético y también son de gran ejemplaridad como medida de fomento para la concienciación por la sostenibilidad y conservación del medio ambiente, al menos dentro del ámbito de la arquitectura e ingeniería de la Universidad de Alicante.



El estudio de este proyecto también pretende mostrar la metodología propia usada para la obtención de resultados y su posterior análisis, puesto que hasta la actualidad no queda claramente documentado el procedimiento de cálculo de la calificación energética de los edificios mediante los documentos reconocidos de procedimiento general, y su resolución queda a la libre interpretación del técnico competente, por lo que los resultados de cálculo de eficiencia energética pueden ser muy dispares según la rigurosidad de toma de datos, mediciones y cálculos tomados por quién los realice.

El primer día de curso académico de Arquitectura Técnica del autor de este proyecto, recibió una clase en la que un profesor denunciaba abiertamente, que un edificio premiado en concurso internacional de Arquitectura y que forma a Arquitectos, Arquitectos Técnicos e Ingenieros Civiles, no es admisible su falta de confort térmico y control de su consumo energético.

El autor de este proyecto cierra el último día de finalización de estudios con un estudio energético exhaustivo del edificio de la *Escuela Politécnica Superior IV*, donde se ha vivido los últimos 8 años, que pretende analizar con la mayor rigurosidad posible la causa de sus inconvenientes térmicos y energéticos que presenta así como diferentes propuestas para su mejora; por lo que es un honor y mérito propio la realización de este proyecto y trabajos futuros sobre el edificio.

## 3. OBJETIVOS GENERALES DEL PROYECTO

Crear y definir un modelo de simulación energética del edificio de la *Escuela Politécnica Superior IV* de la Universidad de Alicante, que permita estudiar y evaluar su demanda térmica y consumos energéticos eléctricos actuales, en base a datos reales del curso académico 2013/14, así como determinar y estudiar una serie de propuestas de rehabilitación energética enfocadas a conseguir el mayor ahorro de la factura eléctrica anual del edificio y el confort térmico en su interior, actuando en su envolvente térmica e instalaciones.

Presentar este proyecto final de grado como plan de proyecto como propuesta para la posible rehabilitación energética del edificio en un futuro, a la Universidad de Alicante.

Demostrar el procedimiento metodológico seguido para el análisis de resultados de cálculo y el estudio de eficiencia energética de edificio, aplicable a edificios existentes y en fase de proyecto de tipología Gran Terciario docentes.

Fomentar mediante este proyecto, la concienciación por el ahorro energético en edificios públicos para su sostenibilidad energética, económica, medioambiental y calidad del aire interior, al menos en el colectivo de arquitectos, arquitectos técnicos e ingenieros de la Universidad de Alicante.

### 3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para conseguir los objetivos generales del proyecto se marcan los siguientes objetivos específicos necesarios.

1. Verificar el cumplimiento de los límites de transmitancia térmica de la envolvente térmica del edificio, de los límites VEEI de la eficiencia energética de la instalación de iluminación del edificio, y de la limitación de la demanda energética del edificio.
2. Estudiar y evaluar las demandas térmicas y cargas punta anuales por espacios, plantas y edificio completo.
3. Comprobar y validar los resultados simulados del consumo *energético* de las instalaciones del edificio, con los datos reales de consumo energético proporcionados por la *Oficina Técnica* de la Universidad de Alicante.
4. Obtener la *calificación energética* del estado actual y futuro del edificio tras la implantación de las diferentes medidas de mejora de su eficiencia energética.
5. Calcular el *ahorro energético en electricidad* y reducción de la demanda térmica que generaría cada propuesta para la rehabilitación energética del edificio.
6. Analizar la variación del *precio de la energía eléctrica* en la Universidad de Alicante durante los años 2013-2014, en base a sus facturas eléctricas mensuales.
7. Comparar el consumo eléctrico del edificio con los demás edificios de la Universidad de Alicante.
8. Realizar un *estudio de viabilidad* económico, estimado a largo plazo, para las diferentes propuestas de rehabilitación energética, tanto individuales como combinadas.
9. Cuantificar con las propuestas más viables adoptadas para la rehabilitación energética, como mínimo un ahorro del 15% del consumo eléctrico anual del edificio, y una reducción del 10% de la demanda de calefacción y 10% en la demanda de refrigeración del edificio.
10. Lograr cuantificar con la combinación de todas las propuestas de rehabilitación energética a estudiar en este proyecto, al menos un ahorro del 40% del consumo

### 3. OBJETIVOS DEL PROYECTO

---

eléctrico anual del edificio, y una reducción del 30% de la demanda de calefacción y 25% en la demanda de refrigeración del edificio.

11. Determinar el máximo ahorro energético posible que generaría la propuesta de rehabilitación energética integral del edificio y obtener una calificación energética A con índice de emisiones de CO<sub>2</sub> inferior a 0.40 y cercano a un índice 0.20, de relación entre el edificio Objeto y el edificio de Referencia de cálculo.



## 4. METODOLOGÍA

La metodología empleada en este proyecto es en parte de elaboración propia porque aunque el proceso lógico de cálculo energético es común en el estudio energético de los edificios, el uso y edición de los resultados de cálculos energéticos es particular y trazado con la finalidad de obtención de información necesaria para el estudio energético integral del edificio y determinar diferentes propuestas de mejora de su eficiencia energética más convenientes o efectivas para la posible rehabilitación energética del edificio de la *Escuela Politécnica Superior IV de Alicante*.

Es decir, se da un uso extendido de los Documentos Reconocidos para la certificación energética de edificios del *Ministerio de Industria, Energía y Turismo*, para la obtención de datos y comprobar a su vez la validez de los mismos para el desarrollo de un estudio de eficiencia energética y de toma de decisiones acertadas para un plan de proyecto de mejoras para el ahorro energético del edificio.

La metodología empleada se compone de dos fases claramente diferenciadas:

1. Un *estudio energético* fundamentalmente **analítico**, en el que conociendo al detalle los parámetros de cálculo del modelo energético del edificio, se estudia de forma intensiva la demanda térmica de sus espacios para poderse conocer el comportamiento energético parcial y general del edificio, su relación entre los diferentes espacios, y con todo ello tomar decisiones acertadas e incluso personalizadas por espacio, para la rehabilitación energética del edificio. Se parte de lo concreto conocido a lo abstracto.
2. Una *simulación por ordenador* **sintética**, que consiste en reconstruir, simular o aproximarse a la realidad actual de consumo energético del edificio, para un año concreto de curso académico 2013-2014, conociendo al detalle las características técnicas y constructivas del edificio e instalaciones y bajo múltiples condiciones de cálculo que pueden ser variables con el tiempo, de forma que la precisión de las mismas con la realidad conduzca a un modelo de simulación capaz de predecir con cierta precisión la realidad actual y futura, bajo otras condiciones de propuesta de mejora energética. Se parte de lo abstracto a lo concreto.

Las hipótesis del estudio sintético del comportamiento energético del edificio por ordenador, son *abstractas* porque consisten en predecir los ahorros energéticos y económicos futuros de edificio tras implantar una serie de mejoras para su eficiencia energética. Así mismo, las *magnitudes* de los resultados de cálculos son *abstractas* porque no están próximas a nivel observacional y requieren de sistemas teóricos que simulen o se aproximen la realidad, bajo una amplia variedad de parámetros de cálculo que deben ser conocidos, medidos y comprobados previamente.

Las magnitudes más generales empleadas (kW, kWh, kWh/m<sup>2</sup>), miden e indican la relación de variación térmica y demanda térmica, y el consumo energético del edificio necesario para satisfacer las condiciones térmicas mínimas de su interior todo el año.

La metodología seguida para la elaboración del proyecto y consecución de los objetivos establecidos en este proyecto, incluye los orígenes y concepción inicial del proyecto al comienzo del máster por su gran importancia, y posteriores tareas o procesos, los cuáles se describen además con mayor detalle mediante varios *diagramas de flujo de los procesos y un cronograma general*, donde se muestra el orden cronológico seguido de los procesos y el tiempo empleado estimado para la finalización del proyecto.

Las diferentes partes de desarrollo del proyecto se dividen de forma general en:

1. Estudio de la demanda térmica mensual y anual del edificio, detallada por cada espacio, plantas y edificio completo, para el curso 2013-2014, mediante *LIDER-Calener VyP*.
2. Estudio del consumo energético eléctrico del edificio desglosado en iluminación, equipamiento y climatización, mediante *Calener GT*.
3. Estudio del precio de la energía eléctrica (kWh) de la Universidad de Alicante, el coste mensual y anual del consumo eléctrico real del edificio, así como la comparativa con el consumo eléctrico con el resto de edificios de la Universidad de Alicante.
4. Simulación del ahorro eléctrico y reducción de la demanda térmica del edificio para cada propuesta de mejora de la eficiencia energética del edificio, mediante *Calener GT*.

#### 4. METODOLOGÍA

---

5. Estudio comparativo del estado energético actual edificio y futuro del edificio para cada propuesta y la combinación determinada más conveniente de las mismas.
6. Estudio de viabilidad económica de las diferentes propuestas de rehabilitación energética, tanto individuales como combinadas.

El proceso llevado para la elaboración del proyecto comprende:

1. Un estudio previo de las posibles actuaciones de rehabilitación energética para edificios docentes, para realizar un plan de proyecto de rehabilitación energética de la *Escuela Politécnica IV de Alicante*.
2. El estudio del proyecto del edificio de la *Escuela Politécnica Superior IV* para la toma de datos de referencia, imprescindibles para el estudio energético. En concreto, los planos de distribución, constructivos, de instalaciones de iluminación y de climatización, la descripción de las partidas del presupuesto de ejecución del edificio.
3. La solicitud de Base de datos del promedio de personas por cada aula del edificio y ocupación horaria de las aulas y despachos de la *Escuela Politécnica Superior IV*, necesario para hallar la renovación de aire mínima de cálculo requerida para cada espacio del edificio.
4. La medición de la *iluminancia media mantenida* en los espacios del edificio mediante luxómetro, para el cálculo de la *eficiencia energética en iluminación VEEI*, cuya información es imprescindible para el cálculo de *demandas térmicas*, como fuente interna de calor, y para el cálculo del *consumo eléctrico en iluminación* del edificio.
5. La medición de las *dimensiones de las puertas, ventanas* y su tipo de vidrio, marco y protecciones solares, para hallar la fracción de marco y poder calcular la demanda térmica generada por su transmisión térmica y radiación solar directa recibida a través de los mismos, la permeabilidad al aire estimada de cada carpintería y el efecto del sombreado de las lamas horizontales a lo largo del año según su grado de inclinación o apertura.
6. El estudio y cálculo de las potencias, caudales y rendimientos de todos los equipos de la instalación de climatización, es decir, bombas de calor aire-agua, circuitos



hidráulicos con sus bombas recirculadoras de agua, y fan-coils ubicados en cada espacio acondicionado del edificio.

7. La elaboración de una base de datos de cálculo de todos los parámetros de cálculo por cada espacio del edificio necesarios para definir el edificio en los programas *LIDER-Calener VyP* y *Calener GT*.
8. La elaboración de los planos de superficies útiles de todas las plantas del edificio para generar una plantillas de líneas, utilizadas para la generación geométrica del edificio en *LIDER-Calener VyP*.
9. El cálculo de las demandas y cargas térmicas, y del consumo eléctrico actual del edificio mediante los programas *LIDER-Calener VyP* y *Calener GT*.
10. Posterior análisis, extracción y edición de los resultados de cálculo, para realizar el estudio energético del edificio, conocer el comportamiento energético del edificio para estimar de forma general sus posibles mejoras de eficiencia energética más convenientes.
11. Cálculo estimado del *consumo eléctrico* del edificio en *iluminación y equipamiento* a través de mediciones, cuantificación de las luminarias y equipamiento instalados en todo el edificio y justificación del uso horario de los mismos durante el curso académico 2013/14.

Es un cálculo secundario para comprobar la validez de los cálculos de *Calener GT*, con la finalidad de redistribuir el porcentaje de consumos de climatización anuales de cálculo tras ajustar los resultados de consumo eléctrico de iluminación y equipamiento del edificio, porque los consumos eléctricos de iluminación y equipamiento de *Calener GT* suelen resultar un poco mayorados tras el cálculo, por la dificultad del ajuste de los horarios de uso para cada espacio del edificio.

12. El cálculo energético del edificio mediante *Calener GT* para diferentes propuestas de mejora de la eficiencia energética de la envolvente térmica e instalaciones del edificio, incluido energías renovables como solar fotovoltaica y geotermia somera.
13. La comparación de consumos eléctricos del edificio respecto del estado actual y del futuro, con las diferentes propuestas de rehabilitación energética, para hallar los

#### 4. METODOLOGÍA

---

ahorros energéticos que generaría la instalación geotérmica para varios supuestos posibles.

14. La elaboración de un *presupuesto* estimado para la ejecución de diferentes propuestas de mejora de la eficiencia energética del edificio.
15. El *estudio de viabilidad* económico dinámico de las diferentes propuestas de instalación geotérmica para hallar el periodo de amortización de la inversión inicial y mantenimiento y el Valor Actual Neto y Rentabilidad económica generados en un periodo próximo y posterior a la amortización.
16. Vía de trabajo futuro para proyecto final de máster.

A continuación se detalla el proceso llevado para el desarrollo de este proyecto mediante un cronograma, diagramas de flujo y su descripción por partes.

## 4.1. PROCESO Y CRONOGRAMA DE ELABORACIÓN DEL PROYECTO

Para facilitar la comprensión de la metodología empleada y de los procesos necesarios llevados a cabo para la realización del proyecto, se muestra un resumen de la carga de trabajo por grupos de actividades ordenadas secuencialmente por orden temporal, y a continuación se describe cada proceso. Para mayor detalle se puede consultar el cronograma del desarrollo del proyecto en el ANEXO H.

Tabla 1. Carga de trabajo del proceso de desarrollo del proyecto

Nº	PROCESO O TAREA DESARROLLO PROYECTO	HORAS	SEMANAS	CARGA %
<b>A</b>	<b>CONCEPCIÓN DEL PROYECTO</b>	<b>192</b>	<b>22</b>	<b>8,70%</b>
1	TRABAJO REHABILITACIÓN ENERGÉTICA EPS IV	192	12	8,70%
<b>B</b>	<b>TRABAJOS PREVIOS. TOMA DE DATOS</b>	<b>348</b>	<b>22</b>	<b>15,76%</b>
1	INVESTIGACIÓN REHABILITACIÓN ENERGÉTICA EDIFICACIÓN	150	10	6,79%
2	INVESTIGACIÓN CÁLCULOS. PROPUESTAS EN CALENER GT	48	6	2,17%
3	CONSULTA PROYECTO EDIFICIO EPS IV	9	1	0,41%
4	SOLICITUD PROYECTO ESTADO ACTUAL	10	1	0,45%
5	RECEPCIÓN LISTA MAQUINARIA CLIMATIZACIÓN	2	1	0,09%
6	ELABORACIÓN PLANOS EDIFICIO	64	4	2,90%
7	MEDICIÓN EFICIENCIA ILUMINACIÓN. LUXÓMETRO	5	1	0,23%
8	MEDICIÓN SUPERFICIE TERRENO AJARDINADO	1	1	0,05%
9	SOLICITUD BASE DATOS OCUPACIÓN EDIFICIO	4	1	0,18%
10	SOLICITUD INFORME SUBSUELO UNIVERSIDAD	2	1	0,09%
11	VISITA AYUNTAMIENTO SAN VICENTE RASPEIG	2	1	0,09%
12	VISITA ARQUITECTA LOLA ALONSO	3	1	0,14%
13	MEDICIÓN VENTANAS Y PUERTAS EDIFICIO	6	1	0,27%
14	COMPROBACIÓN DIMENSIONES EDIFICIO	2	1	0,09%
15	ELABORACIÓN BASE DATOS CÁLCULO PARÁMETROS	40	1	1,81%
<b>C</b>	<b>SIMULACIÓN ENERGÉTICA ESTADO ACTUAL EDIFICIO</b>	<b>794</b>	<b>30</b>	<b>35,96%</b>
1	SIMULACIÓN GEOMÉTRICA DEL EDIFICIO. LIDER	196	4	8,88%
2	CORRECCIÓN ERRORES MODELO EDIFICIO. LIDER	150	10	6,79%
3	RESULTADOS CÁLCULO Y EDICIÓN. LIDER	160	8	7,25%
4	SIMULACIÓN EDIFICIO EN CALENER GT	98	2	4,44%
5	RESULTADOS CÁLCULO Y EDICIÓN. CALENER GT	80	8	3,62%
6	CORRECCIÓN ERRORES MODELO EDIFICIO. CALENER GT	90	6	4,08%
7	RESULTADOS FINALES CÁLCULO ENERGÉTICO	20	2	0,91%
<b>D</b>	<b>ESTUDIO PROPUESTAS REHABILITACIÓN ENERGÉTICA</b>	<b>486</b>	<b>14</b>	<b>22,01%</b>
1	ESTUDIO PROPUESTA INSTALACIÓN GEOTÉRMICA	270	18	12,23%
3	PRESUPUESTOS PROPUESTAS DE MEJORA	60	4	2,72%
4	SIMULACIÓN ENERGÉTICA PROPUESTAS MEJORA EN CALENER GT	126	14	5,71%
5	ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA PROPUESTAS	30	3	1,36%
<b>E</b>	<b>REDACCIÓN PROYECTO</b>	<b>370</b>	<b>37</b>	<b>16,76%</b>
<b>F</b>	<b>DEFENSA Y PUBLICACIÓN PFM</b>	<b>18</b>	<b>3</b>	<b>0,82%</b>
<b>X</b>	<b>TOTAL PROYECTO</b>	<b>2208</b>	<b>128</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: elaboración propia

#### 4.1.1. CONCEPCIÓN INICIAL DEL PROYECTO

Este proyecto surge de un estudio previo del edificio de la *Escuela Politécnica Superior IV de la Universidad de Alicante* para realizar un plan de proyecto de rehabilitación energética del edificio como trabajo de la asignatura cursada previamente, *Dirección Integrada de Proyectos* del Máster de Gestión de la Edificación.

En el trabajo se determina que la instalación de climatización genera aprox. el 70% del consumo eléctrico del edificio, según las mediciones estimadas de iluminación y equipamiento que se realizaron superficialmente; por lo que se propusieron diferentes mejoras de instalaciones del edificio, como la sustitución de las luminarias por tipo LED, instalación fotovoltaica y también *instalación geotérmica*.

De todos los *estudios de viabilidad* estimados realizados, aunque con justificación de datos bastante cuestionable porque se basaba en aproximaciones y suposiciones superficiales, se concluye que la *geotermia* teóricamente generaría unos ahorros bastante considerables en comparación al resto de propuestas analizadas, aunque los rendimientos fuesen poco atractivos para invertir como negocio de una *Empresa de Servicios Energéticos*.

No obstante, la propuesta de instalación geotérmica se plantea como trabajo futuro de investigación para el Proyecto Final de Máster en Gestión de la Edificación, y en este proyecto se trata una variedad de propuestas para la rehabilitación energética, tanto para lograr el confort térmico, como para el ahorro energético de las instalaciones del edificio.

Se decide aprovechar los conocimientos adquiridos e investigación previa realizada de las posibles actuaciones de *Rehabilitación Energética* del edificio, y profundizando con mayor detalle en la cuantificación energética del edificio mediante las herramientas descritas, de las cuales se tenía un conocimiento avanzado de las mismas.

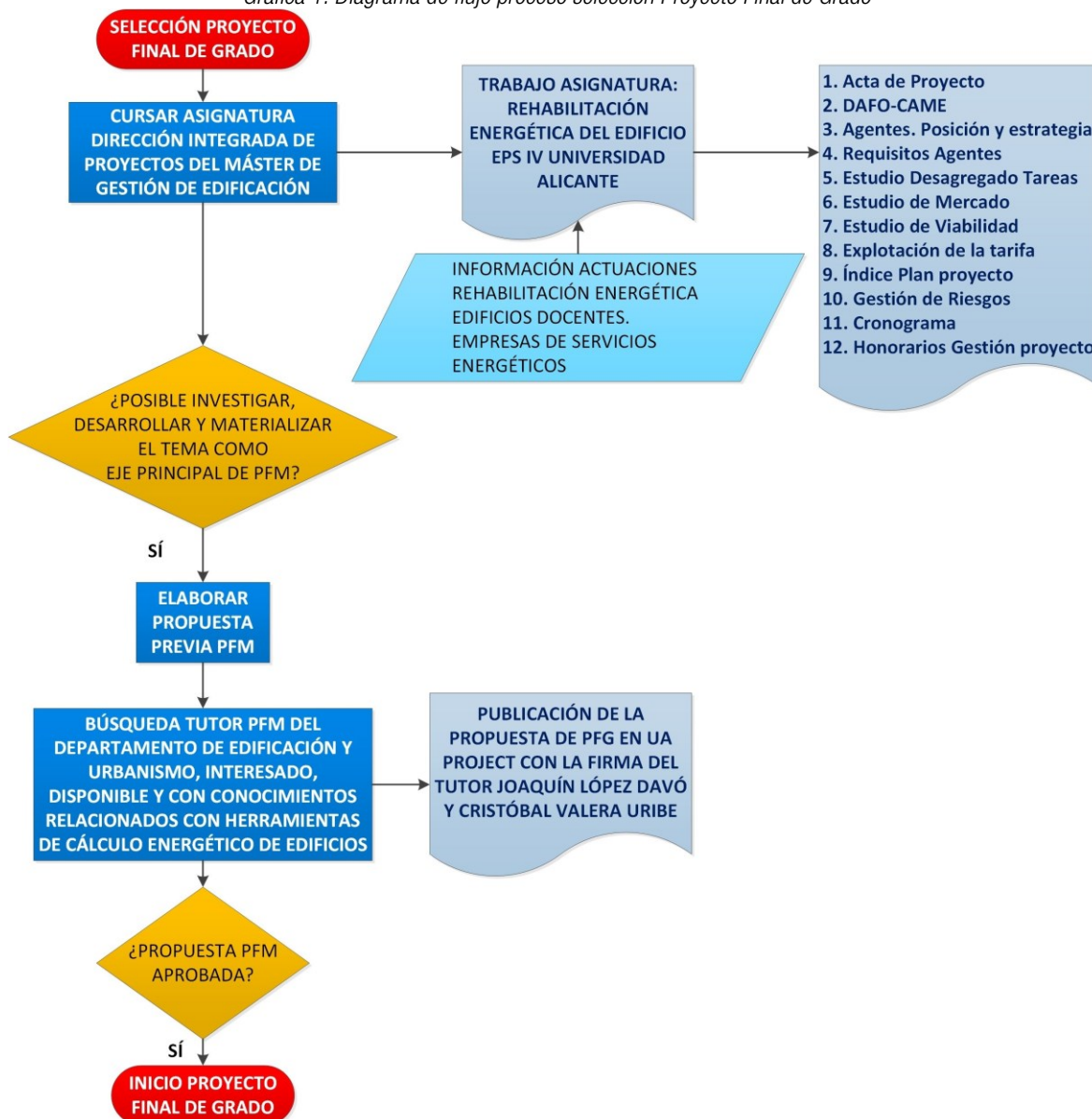
Finalmente se busca a un tutor que esté relacionado con instalaciones de edificios y programas de certificación energética, siendo en este caso la única opción en el Departamento de Edificación y Urbanismo, *Joaquín López Davó*, porque imparte clases relacionadas con el tema de este proyecto.

La propuesta de proyecto parece ser novedosa o poco conocida en la *Escuela Politécnica* de Alicante, por el cálculo avanzado en las herramientas de certificación

energética *LIDER-Calener VyP*, especialmente *Calener GT*, y su posterior uso para la toma de medidas para la rehabilitación energética de edificios docentes o de Gran Terciario.

El desarrollo de este proyecto se realiza de forma individual partiendo de conocimientos previos avanzados y de la investigación propia para resolver los diferentes planteamientos que implica este proyecto.

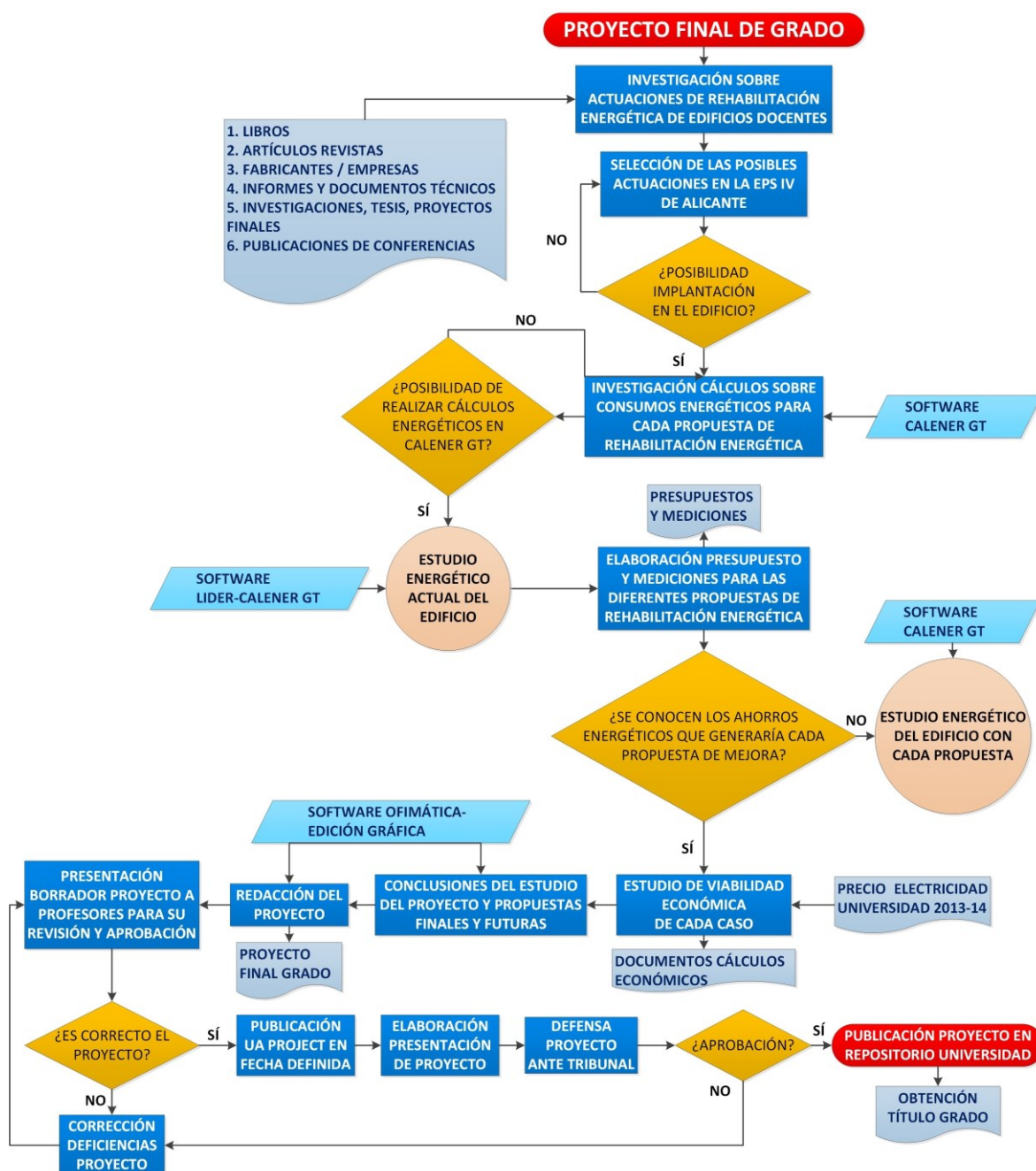
Gráfica 1. Diagrama de flujo proceso selección Proyecto Final de Grado



Fuente: elaboración propia

#### 4. METODOLOGÍA

Gráfica 2. Diagrama de flujo proceso metodológico de desarrollo del Proyecto Final de Grado



Fuente: elaboración propia



#### 4.1.2. TRABAJOS PREVIOS AL DESARROLLO DEL PROYECTO

Para comenzar el proyecto se investiga todo lo posible sobre la rehabilitación energética de edificios docentes y oficinas, a través de guías del *Instituto de Diversificación de Ahorro de la Energía IDAE* y *FENERCOM*, así como de trabajos académicos y profesionales, destacándose de grado en ingeniería industrial y máster en energías renovables, por su mayor detalle encontrado en ciertos aspectos buscados.

La consulta del proyecto del edificio en la *Oficina Técnica* de la Universidad de Alicante ha sido dificultosa y un obstáculo para realizar este proyecto por su demora para la espera de la consulta del proyecto y posteriores solicitudes de información, pero ha sido imprescindible para conocer el edificio con detalle y realizar la toma de datos previa.

El proyecto consultado está incompleto, no dispone de memoria de proyecto básico y de ejecución del edificio, sólo están disponibles los diferentes planos, presupuesto y una memoria sobre la estructura del edificio. Se digitaliza la documentación del proyecto estudiarlo con detalle antes del inicio del estudio energético del edificio

Gran parte de los datos analizados del proyecto del edificio no concuerdan con la realidad construida, especialmente en *instalación de climatización*, ventanas y sección constructiva de cerramientos.

La información necesaria restante se solicita insistentemente a la *Oficina Técnica* numerosas veces durante mes y medio. Se intenta inspeccionar personalmente las instalaciones de climatización de cubiertas pero no es posible por motivos de seguridad.

Por no recibir una rápida respuesta, se ha solicitado la consulta del proyecto al *Ayuntamiento de San Vicente del Raspeig*, pero ha sido denegada por motivos desconocidos.

Como última opción, se recurre contactar directamente con la arquitecta *Lola Alonso* que proyectó el edificio, que aporta cierta información y el nombre de una empresa de ingeniería que realizó el proyecto de instalaciones, que no ha sido posible contactar.

Finalmente a través del *ingeniero de Mantenimiento de la Universidad*, se proporciona a inicio de Julio de 2014, una lista de toda la maquinaria de climatización del edificio. Ésta es poco descriptiva porque sólo indica el nombre del modelo y el número de

#### 4. METODOLOGÍA

---

unidades por planta, por lo que hay que interpretar la ubicación de cada fan-coil en el edificio y rebuscar por internet las *características técnicas* de cada una.

Se detecta que la lista de maquinaria indica que existe la mitad de unidades de climatización que en el proyecto original del edificio, además son *fan-coils* en vez de *Unidades de Tratamiento de Aire*. Los difusores también son distintos respecto proyecto.

Las *bombas de calor* especificadas en la lista son del mismo tipo, pero hay el doble y de menor potencia cada una, distribuidas por los diferentes *circuitos hidráulicos* de climatización del edificio. Además su ubicación en el edificio es diferente que según el proyecto original.

Esta incoherencia ha sido un grave problema porque se ha tenido que tomar como referencia la descripción de las partidas del *presupuesto de climatización* del proyecto para ajustar y calcular las potencias, rendimientos y caudales de los sistemas de climatización del edificio, imprescindibles para la simulación energética.

Además hay un modelo de fan-coils y bombas recirculadoras que no se han encontrado disponibles por internet y hubo que enviar email al fabricante para conocer los detalles técnicos.

Una vez conocidas todas las instalaciones, el paso inicial es definir la *envolvente térmica* del edificio. Se extraen y editan los planos digitales de la base de datos de planos de los edificios de la Universidad de Alicante del servicio *SIGUA*, mediante el software *QuantumGIS* y su edición en *AutoCAD*, para poder generar la geometría del edificio en el programa de cálculo energético.

La proyección de los planos de las diferentes plantas del edificio de *SIGUA* no se ajusta porque existen diferencias importantes de medio metro o más en algunos lugares como escaleras, con lo cuál hay una edición laboriosa de planos para conservar la superficie total útil y coincida la proyección de todas las plantas con exactitud.

Otra información imprescindible para el *cálculo energético* es conocer *el flujo de personas* por cada aula del edificio durante el curso 2013/14. Para ello, el servicio de *Unidad Técnica de Calidad e Informática de la Universidad* ha aportado la información del número de horas de uso de cada aula y grado de ocupación de las aulas en referencia a las plazas disponibles y máximo de horas de uso disponibles.



Para la realización de las *mediciones* necesarias del edificio se requiere el acceso individual a todas las aulas del edificio, al finalizar el periodo lectivo en Junio. Para ello se solicita el acceso a la *Dirección del Servicio de Infraestructuras de la Universidad*.

En primer lugar, se mide la *iluminancia media mantenida* de todo el edificio con *luxómetro*. Para ello se espera hasta las 19:00 de la tarde para empezar a medir, hasta el cierre de 21:30 del edificio, para que la iluminancia medida sea de la iluminación artificial de las aulas y se evite que la iluminación natural incremente los valores medidos, aunque puntualmente se medie en un despacho y aulas de arquitectura mientras están ocupadas durante media mañana.

En segundo lugar, se mide las *dimensiones* de cada *ventana y puerta* del edificio con cinta métrica, al menos las puertas y ventanas que fuesen de dimensiones diferentes. En total se contabilizan 32 tipos entre todas las plantas. Estas mediciones son necesarias para el cálculo del factor de superficie de marco y la inclinación de las lamas horizontales.

En tercer lugar, para establecer la composición de materiales de los cerramientos verticales, se mide el *espesor total de los muros* exteriores, aseos y particiones interiores con cinta métrica, porque las dimensiones totales no coinciden con el proyecto original, aunque sí la tipología constructiva y materiales empleados.

En estos casos se usa también las descripciones constructivas de los planos de sección vertical y presupuesto de proyecto original, para contrastar información y tomar decisiones para definir la envolvente térmica del edificio en el programa de cálculo.

Finalmente, se realizan *fotografías* por todos los recorridos del edificio para poder trabajar a distancia de la universidad y consultar ciertos detalles para la definición del modelo de simulación del edificio.

Al conseguir toda la información necesaria del edificio, se comienza a definir el edificio en el programa de cálculo energético.

#### 4.1.3. MODELO DE SIMULACIÓN Y ESTUDIO ENERGÉTICO ACTUAL DEL EDIFICIO

Una vez definida la *envolvente térmica* del edificio, se comienza a generar la geometría del edificio en el programa de cálculo energético *LIDER-Calener Vyp*.

El proceso inicialmente se estimó fuese rápido aunque el edificio disponga de muchos espacios y geometría singular, pero ha sido bastante laborioso y desesperanzador porque el programa de cálculo genera múltiples errores que retrasan enormemente el trabajo, por lo que obliga a reeditar y volver a generar los cerramientos de los muros reiteradamente hasta conseguir finalizarlo sin errores.

Durante el proceso se registran 22 tipos de errores sucedidos y la solución de cada uno, pero no se muestran en este proyecto debido a la extensión del mismo y porque sale fuera de sus objetivos.

Para mayor desesperación, el programa *LIDER-Calener Vyp* empleado, tiene una limitación de cálculo del modelo del edificio de 500 elementos, cerramientos y ventanas, y un total de 100 espacios.

La *Escuela Politécnica Superior IV* supera el límite del programa solamente con más de 700 unidades de ventanas y puertas que dispone, por lo que para resolverlo se generan tres modelos del edificio; por un lado, uno completo que se exporta a otro programa de cálculo energético *Calener GT*, y por otro lado, dos partes del edificio, una parte que comprende las plantas sótano y planta baja, y la otra parte, que comprende las plantas primera y segunda de los módulos de los despachos.

La introducción de parámetros de cálculo para definir el edificio en *LIDER* y *Calener*, requiere múltiples procesos de cálculo, generándose para ello una gran base de datos por cada espacio del edificio y posteriormente una gran cantidad de resultados de cálculo con tablas y gráficas.

Los resultados de cálculo de las *demandas térmicas* de todos los espacios del edificio de ambas partes, se encuentran en archivos ocultos, de forma que los programas de cálculo sólo se muestran un informe ligeramente informativo del cumplimiento de la limitación energética impuesta por la normativa actual de edificación.

Por tanto, para acceder a la información útil se consultan los ficheros ocultos y transforman en formato de tablas de cálculo, para su edición y cálculos derivados necesarios para el estudio energético del edificio en profundidad.

El proceso de edición, transformación y análisis de resultados es laborioso. Durante el análisis detallado de resultados de cálculo por espacios del edificio, se detectan unas ligeras incongruencias, que son indicadores de alguna imprecisión de introducción de parámetros de cálculo o definición de la envolvente térmica, que se corrigen y recalculan hasta seis veces, volviendo a iniciar el análisis en profundidad y generar los informes y anexos de resultados del proyecto.

El programa se muestra bastante difícil de manipular en ciertos detalles e incluso no considera correctamente el volumen de aire interior de la unión vertical de dos espacios.

Finalmente, se edita el fichero de los programas *LIDER* y *Calener* mediante *bloc de notas*, estudiando a fondo los códigos que lo definen, y editando múltiples detalles que serían imposibles de realizar a través de la interfaz gráfica de los programas, pues habría que destruir para ello el edificio simulado y volver a empezarlo de nuevo hasta que en alguno de los intentos, no hubiera ningún tipo de error involuntario, generado debido a la deficiencia de los programas.

Tras los primeros cálculos de la *demanda térmica* del edificio, se detectan ciertos aspectos mejorables en el modelo de simulación del edificio, que se ajustan y documentan.

Al finalizar el *estudio de las demandas térmicas* y el cumplimiento de las limitaciones térmicas, el modelo del edificio se exporta desde *LIDER-Calener VyP* a ***Calener GT***, para realizar el estudio completo detallado de *consumos energéticos* del edificio.

El modelo exportado a *Calener GT* requiere definir y modificar una infinidad de sus parámetros de cálculo, especialmente *permeabilidad al aire* de las puertas y ventanas, *elementos de protección solar* como lamas horizontales, *elementos de sombra*, *alturas* entre plantas y *volumen* de aire entre espacios unidos verticalmente.

Una vez redefinido el modelo geométrico y envolvente térmica del edificio, se definen *horarios de uso* de todo tipo de instalaciones, en relación al tiempo de ocupación y zona horaria diaria, semanal y periodos anuales de un año completo; tomando para ello

#### 4. METODOLOGÍA

---

múltiples datos, como horario académico, horarios por aulas y despachos, frecuencias de uso y mediciones estudiadas previamente.

*Calener GT* tiene en particular que requiere el cálculo del consumo eléctrico  $W/m^2$  generado por cada espacio del edificio según el *equipamiento* disponible y su frecuencia y duración de uso, estimado según diferentes observaciones, encuestas y experiencia vivida como estudiante tras años anteriores en el edificio.

También se requiere la *ocupación de superficie por persona* para cada espacio, como parámetro del programa para hallar parte de la *carga sensible y latente*, lo cuál es relativamente sencillo por disponer ya confeccionada una base de datos con el promedio de personas por espacio del edificio.

El siguiente paso, especialmente importante, es la definición de los sistemas de climatización del edificio en *Calener GT*.

Este proceso es muy delicado y laborioso porque, en primer lugar, hay que definir las máquinas productoras de calor o frío, luego generar diferentes circuitos hidráulicos para cada sistema de climatización independiente del edificio, después definir una máquina climatizadora por cada espacio del edificio y dentro cada sistema de circuitos hidráulicos, y finalmente asignar cada máquina climatizadora fan-coil a una zona de cada espacio.

Tras los primeros cálculos de calificación energética en *Calener GT*, se detecta que la definición de los *horarios de uso de la instalación de climatización* es decisiva en los resultados finales, porque genera resultados de cálculo finales alarmantes y poco creíbles.

Este problema alarga enormemente el tiempo de trabajo, pero la revisión integral detallada del modelo del edificio, genera que los resultados de cálculo energético sean realmente satisfactorios por la alta precisión de resultados de cálculo de consumos energéticos anuales, en comparación con los consumos reales publicados mensualmente por la Universidad, disponibles durante el curso académico 2013/2014, desde Septiembre 2013 a Agosto 2014.

También se realiza un segundo análisis complementario de la demanda térmica del edificio según *Calener GT*, que no es posible de cuantificar mediante *LIDER-Calener VyP*.

La dificultad de análisis de este fichero de resultados de simulación de *Calener GT* es que tiene formato bastante antiguo y es complicada su conversión a tabla de cálculo, además de que las unidades de medida son inglesas y hay que operar los resultados para obtener las medidas internacionales, en kW o kWh.

El registro de resultados de *Calener GT* es bastante exhaustivo en comparación con el generado con *LIDER-Calener VyP*, aunque hay parámetros como *puentes térmicos* que no considera *Calener GT* en sus cálculos, aunque las variables en las que se desglosa la demanda térmica son bastante similares entre ambos programas e incluso más favorable para su análisis, porque las medidas son totales y no referenciadas en función de la superficie de cada espacio.

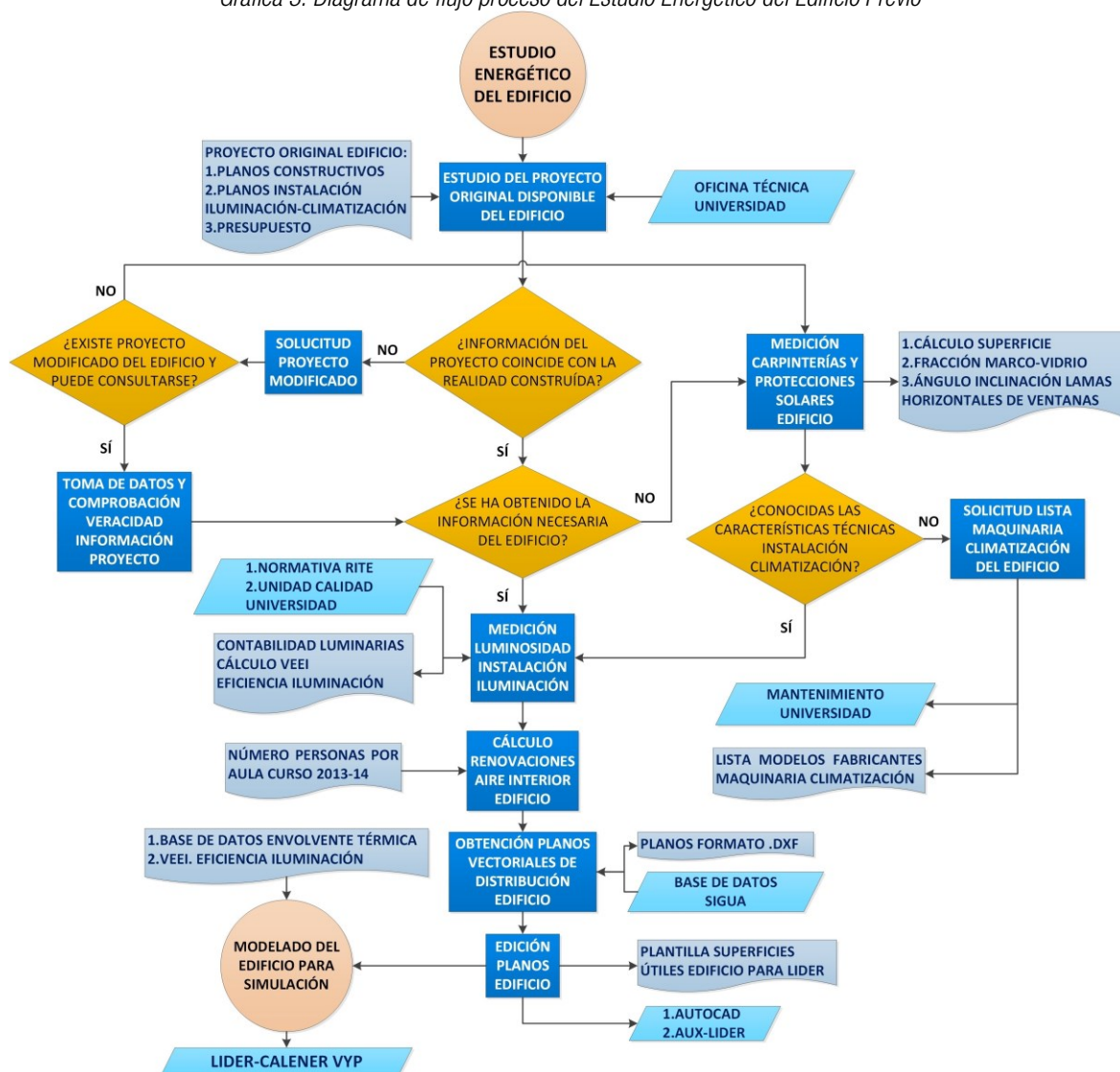
Por estos motivos, se emplean los resultados de cálculo de la demanda térmica del edificio mediante *LIDER-Calener VyP* para realizar un estudio comparativo y detallado por espacios, plantas y edificio completo; aunque los resultados de *Calener GT* son totalmente fiables porque permite definir con mayor precisión los parámetros de cálculo de horarios de uso del edificio y cuestiones muy específicas, que en *LIDER-Calener VyP* vienen predefinidas y no son modificables para el cálculo energético.

Con el estudio energético se estiman las posibles mejoras de la eficiencia energética del edificio e incluso se comenta la conveniencia de ciertas actuaciones, pero realmente se decide estudiar unas propuestas definitivas en función de la viabilidad técnica de las mismas en el edificio y de la posibilidad de su simulación energética en *Calener GT*, por lo que no todas las propuestas que se han estimado posibles se estudiarán definitivamente, aunque serán similares por la conveniencia de ahorro energético analizada en el estudio general de *LIDER* por plantas junto al estudio específico por tipos de aulas, y también en el estudio de consumos energéticos de *Calener GT*.

Finalmente se identifican las propuestas seleccionadas para la rehabilitación energética del edificio, en función de toda la información sobre el estado energético actual del edificio.

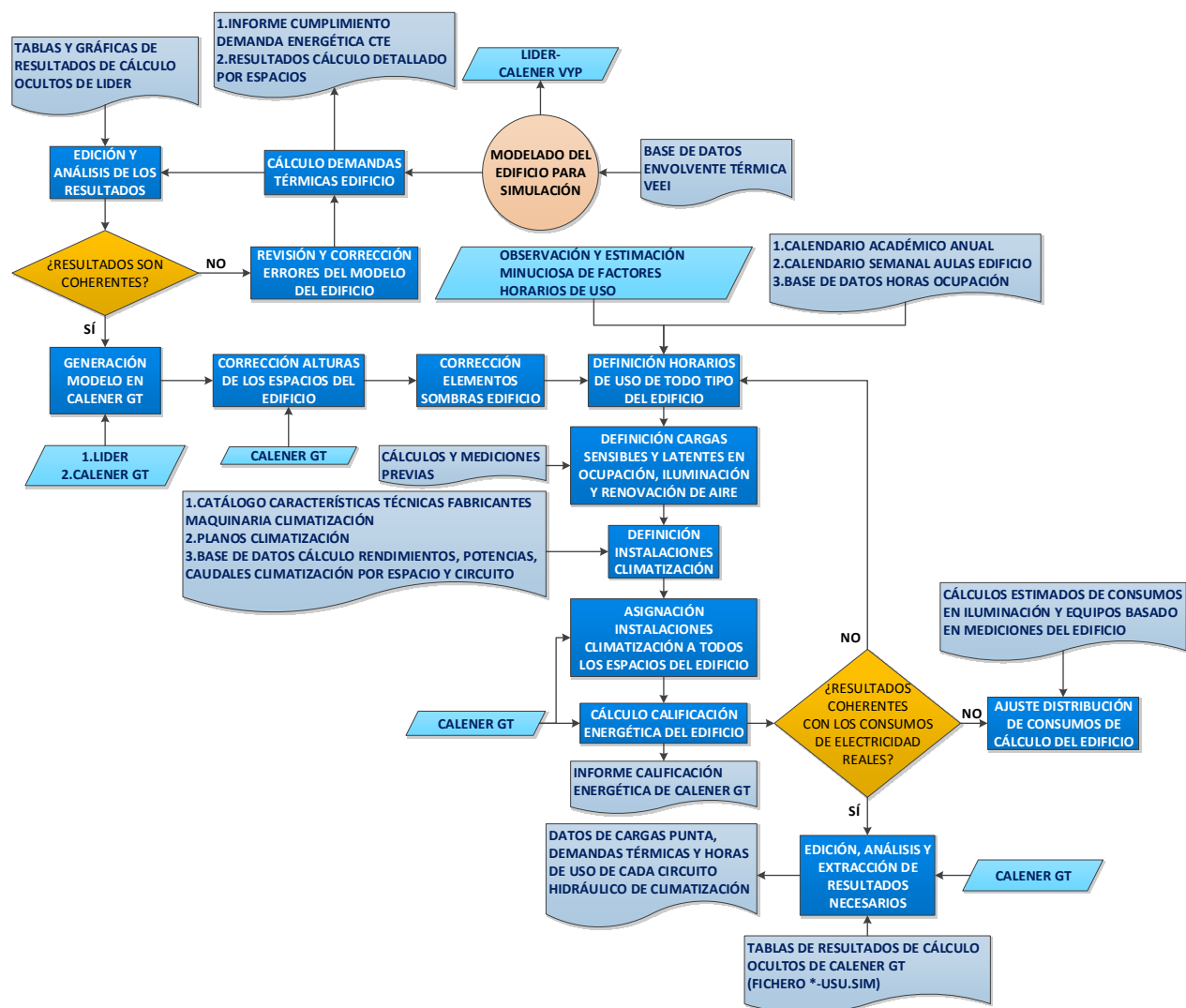
#### 4. METODOLOGÍA

Gráfica 3. Diagrama de flujo proceso del Estudio Energético del Edificio Previo



Fuente: elaboración propia

Gráfica 4. Diagrama de flujo de Simulación del estado actual del edificio y obtención de resultados de cálculo



Fuente: elaboración propia



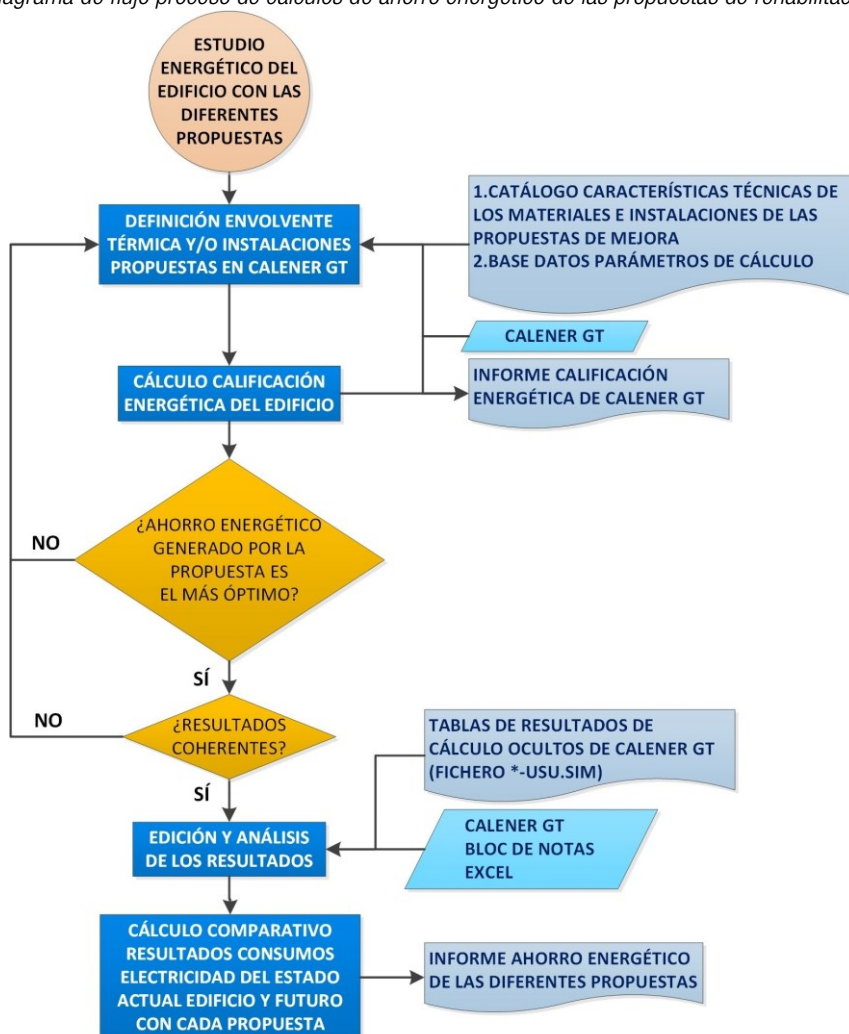
#### 4.1.4. ESTUDIO DE LAS PROPUESTAS DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Después de haber determinado las posibles mejoras de eficiencia energética del edificio, se proponen diferentes actuaciones mediante un estudio energético de cada una y de forma combinada. Se realizó simultáneamente con un proyecto final de máster del mismo autor de este trabajo sobre geotermia aplicada a la climatización.

Para ello se consultan las características técnicas de los productos y materiales constructivos e instalaciones y se crea una base de datos de parámetros de cálculo para simular el ahorro energético de cada propuesta mediante el modelo de *Calener GT*.

Se obtiene un certificado energético de cada propuesta y para mayor detalle de estudio energético de cada caso que lo requiera, se extraen otros resultados de cálculo complementarios del fichero *\*-usu.sim* de *Calener GT*.

Gráfica 5. Diagrama de flujo proceso de cálculos de ahorro energético de las propuestas de rehabilitación energética



Fuente: elaboración propia





## 5. ESTADO DE LA CUESTIÓN SOBRE EL CÁLCULO ENERGÉTICO Y LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS DOCENTES

Nueva normativa española surge desde 2007, como es el CTE, RITE y Real Decreto 47/2007 de Certificación Energética de Edificios de Nueva Construcción, como consecuencia de las directivas europeas para la limitación de la emisión de gases de efecto invernadero por parte de la edificación, para así mitigar el calentamiento global y fomentar la eficiencia energética de los edificios, pues éstos generan aprox. el 40% del consumo energético y sus correspondientes emisiones de CO<sub>2</sub>.

Esta normativa ha dado lugar a que se desarrollen distintos programas informáticos para verificar el cumplimiento de esta normativa, como son *LIDER* y *CALENER*; además, dicha normativa permite el uso de otros programas alternativos reconocidos oficialmente, por lo que implica la novedad en el uso de la simulación del comportamiento térmico y energético de los edificios por ordenador.

Esto es consecuencia del desarrollo tecnológico actual, que hace factible su uso generalizado y a que, en principio, es mucho más económico hacer una estimación por ordenador que una medición real de lo que consume cada edificio durante varios años.

Incluso permite tomar decisiones antes de construir el edificio que permiten ahorros difíciles de conseguir a posteriori, e incluso tomar decisiones en un edificio existente, como es el caso de este proyecto.

El objetivo último de la normativa es poder estimar el valor esperado de energía primaria consumida y sus correspondientes emisiones de CO<sub>2</sub>.

Para ello, aparecen conceptos que no se utilizaban en la práctica rutinaria de la arquitectura y la ingeniería, con lo cuál se obliga a la adopción de criterios de eficiencia energética y sostenibilidad de los edificios para su diseño.

En este capítulo se pretende introducir la importancia de la simulación energética en el diseño de la edificación, así como su utilidad para la toma de decisiones para la rehabilitación energética de edificios existentes. Finalmente, se describirán diferentes actuaciones comunes para la rehabilitación energética de edificios docentes, que se tratarán con detalle mediante la simulación energética en *Calener GT* para cuantificar los posibles ahorros energéticos y estimar la viabilidad económica de las mismas.

## 5.1. SIMULACIÓN ENERGÉTICA EN EL CONTEXTO DE LA EDIFICACIÓN

La energía térmica en la edificación es un problema muy complejo en el que están involucrados los agentes de la construcción y las políticas energéticas, dentro de una dinámica de mercado en la que las empresas diseñan e instalan instalaciones térmicas y edificios, pero normalmente no se responsabilizan de la operación, al menos desde un punto de vista energético.

Es decir, el mercado actual focaliza su interés en el diseño de las instalaciones térmicas en condiciones límite, esto consiste en encontrar los límites de potencia de las máquinas en calefacción y refrigeración necesarios para mantener la temperatura y humedad de un recinto en ciertas condiciones; por lo que se presta muy poco interés a su explotación y mantenimiento, es decir no se cuestiona cómo va a funcionar a carga parcial y en el tiempo de vida útil.

Normalmente la instalación térmica queda casi siempre a cargo del propietario, pero éste sólo toma acciones correctoras cuando la instalación deja de funcionar de forma apreciable, es decir, el supuesto mantenimiento de la instalación y su correspondiente inversión no se suele realizar por desconocimiento y/o despreocupación del propietario, por lo que se tiende a invertir en edificación con menor coste y reducida calidad de diseño energético. (1 pág. 7)<sup>1</sup>

Para cambiar la dinámica del mercado, surgió la directiva europea *EPBD (Energy Performance in Buildings Directive) 2002/91/EC* (2)<sup>2</sup>, inspirada por el Protocolo de Kyoto, además de otras posteriores hasta la actualidad que también tienen en cuenta el uso de las energías renovables, en las que los edificios deben cumplir unos requisitos mínimos, debe existir un método de cálculo o de estimación de la demanda y el consumo de los edificios, y que en base a ellos se expida una etiqueta que certificará la calidad energética del edificio; con lo que se pretende básicamente es limitar la emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera para no contribuir al cambio acelerado del clima del planeta. (1 pág. 8)

En cumplimiento de las directivas europeas sobre la eficiencia energética de los edificios, la administración española en el año 2007, prevé junto con el *Reglamento de*

---

<sup>1</sup> **ATECYR, IDAE.** Guía técnica de procedimientos y aspectos de la simulación de instalaciones térmicas en edificios, 2008.

<sup>2</sup> **Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea.** Directiva 2002/91/CE, relativa a la eficiencia energética de los edificios, 2002.

*Instalaciones Térmicas de los edificios* (3)<sup>3</sup>, el *CTE Código Técnico de la Edificación, especialmente en su Documento Básico de Ahorro de Energía* (4)<sup>4</sup>, en el que para facilitar el cumplimiento de sus limitaciones energéticas en edificación, se desarrollan los programas de cálculo energético *LIDER* de limitación de la demanda energética, y *Calener* de calificación energética de edificios, con versión *Calener VyP* para vivienda y pequeño terciario, y *Calener GT* para edificios de gran terciario (5)<sup>5</sup>, como es el caso de este proyecto.

Estos programas de simulación tienen dos objetivos, por un lado *LIDER* intenta limitar la demanda de energía de los edificios, con cierta relación con el valor  $K_G$  de la anterior normativa *NBE-CT 79 sobre condiciones térmicas en los edificios* (6)<sup>6</sup>; y por otro lado, *CALENER* cuantifica el consumo de energía final anual generado por las instalaciones del edificio y su calidad medioambiental en emisiones de  $CO_2$ , para poder emitir la etiqueta del certificado energético del edificio, local o vivienda.

La normativa no se limita a estos dos programas ya que admite la posibilidad de homologar otros, igualmente válidos, para realizar la limitación de la demanda y la certificación energética. Sin embargo, son los documentos reconocidos de España por los que se debe pasar para el cumplimiento de la normativa relacionada con la eficiencia energética de los edificios.

Hay que tener en cuenta que *LIDER* y *CALENER* se basan en el programa *DOE2*, que es un programa de simulación del departamento de energía de EE.UU., que lleva funcionando desde los años 90 y en el que se han basado inicialmente diversos programas de cálculo avanzado que se utilizan en la actualidad, como *Energy+*.

El cálculo para el diseño de las instalaciones térmicas, hasta no hace mucho se calculaba de forma simplificada a mano con tablas de datos, pero para facilitar la tarea aparecieron los programas de cálculo de cargas térmicas por computadora y de simulación energética.

En concreto, la simulación de una instalación térmica consiste en estimar, la potencia térmica suministrada, en un intervalo de cada hora del año kWh/año y en

---

<sup>3</sup> **Ministerio de industria, energía y turismo.** Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios, 2013.

<sup>4</sup> **Código Técnico de la Edificación.** CTE-DB HE. *Documento Básico de Ahorro de Energía*, 2013.

<sup>5</sup> **Ministerio de Industria, Energía y Turismo de España; IDAE.** Programa informático Calener-GT versión 3.21. *Calificación de eficiencia energética de grandes edificios del sector terciario*, 2013.

<sup>6</sup> **Presidencia del gobierno.** Norma básica de edificación NBE-CT-79, sobre condiciones térmicas en los edificios, 1979.

momentos de máxima potencia en kW, para proporcionar calefacción o refrigeración, ya sea de forma convectiva, radiante, latente (humedad del aire); y la energía consumida por los sistemas para conseguirlo; con la finalidad de conocer una determinada característica energética o de regulación del sistema, para optimizar algún resultado que redunde en limitar las emisiones de CO<sub>2</sub> producidas por el consumo energético de las instalaciones del edificio.

Por tanto, la *simulación térmica de edificios* trata de estimar el comportamiento térmico de las diferentes zonas habitables acondicionadas del edificio y las prestaciones que están dando las máquinas en las condiciones de trabajo puntuales en cada instante de tiempo, con el fin de integrarlas durante el periodo de tiempo simulado.

En principio los objetivos perseguidos pueden ser varios, el más evidente es quizás estimar los consumos de energía y la producción asociada de CO<sub>2</sub> que conlleva, pero pueden abarcar otros muy diferentes, como analizar diferentes estrategias de control, analizar diferentes comportamientos de máquinas o sistemas de climatización, observar la evolución de temperaturas o humedades relativas en las diferentes zonas que conforman el edificio, etc.

Si la simulación térmica de edificios se realiza para la certificación energética, el objetivo planteado es estimar el consumo energético anual del edificio, o su equivalente producción de CO<sub>2</sub>, y compararlo con una determinada referencia para establecer una cierta “calidad energética del edificio más sus instalaciones”. (1 pág. 11)<sup>7</sup>

Por lo tanto, la simulación debe realizarse sobre un periodo anual (en general con pasos de tiempo horarios, aunque esto depende de la modelización realizada) y para todo tipo de instalaciones que consuman energía como calefacción, refrigeración, ACS e iluminación. En el caso de querer obtener la producción de CO<sub>2</sub> equivalente, se trata de asignar un coeficiente de paso para cada tipo de energía consumida, es decir kg CO<sub>2</sub>/kWh.

Para conocer la relación entre el coste de un mejor diseño del edificio y sus instalaciones y el ahorro efectivo que se produciría durante su vida útil, se puede monitorizar las instalaciones durante un periodo de tiempo a lo que se puede asociar la auditoría energética, con lo cuál de es un método muy costoso y experimental; o calcular

---

<sup>7</sup> ATECYR, IDAE. Guía técnica de procedimientos y aspectos de la simulación de instalaciones térmicas en edificios, 2008.

por simulación energética por ordenador, la repercusión esperada anual de una cierta acción o mejora de la eficiencia energética.

De hecho, la cantidad de CO<sub>2</sub> producida por un edificio en un año medio, climatológicamente, sólo puede ser descubierta a través de una simulación. Para ello, los cálculos tradicionales de potencias máximas, cálculos de cargas, no sirven, porque hay que conocer la trayectoria en el tiempo sobre el uso y el funcionamiento del edificio.

Los programas oficiales de certificación energética de edificios buscan clasificar los edificios, bajo ciertas restricciones de cálculo, en función de su generación de CO<sub>2</sub>.

Lo interesante y útil para el *diseño arquitectónico* es desglosar las emisiones en función de quién las provoca para poder corregirlas en un futuro, es decir, se puede actuar directamente en las emisiones producidas por las instalaciones de calefacción, refrigeración, iluminación, ACS, recirculación de fluidos; y también se puede determinar qué repercusión tiene la *demanda térmica de frío o calor de un determinado elemento arquitectónico*, ya sea muro, ventana, cubierta con cierta orientación solar, en cuanto a las emisiones de CO<sub>2</sub> originados por el sistema que cubre esa demanda.

Hay pocos programas de simulación que hagan un análisis de emisiones de CO<sub>2</sub>. EnergyPlus incluye un cálculo de emisiones contaminantes que incluye el CO<sub>2</sub>, sin embargo, el programa DOE2, en el que se basa Calener, no incluye este tipo de análisis, pero incluye el concepto de medidor o contador de energía. (1 pág. 27)<sup>8</sup>

Esos medidores pueden asignarse a cualquier equipo o sistema que pida energía de forma que se sepa quién pidió energía, cuánta y cuándo, los cuáles vienen diferenciados por combustibles y electricidad.

Para diferentes tipos de combustibles existe una generación de CO<sub>2</sub> diferente por kilogramo de combustible o por metro cúbico normal del mismo.

En cuanto a la electricidad desde la red eléctrica, las emisiones dependen de la estructura energética del país o de la compañía productora de electricidad. Se diferencia entre *energía primaria*, que es la consumida por el productor de la energía o la compañía eléctrica, y la *energía final*, que es la electricidad entregada a los consumidores y la que finalmente se cuantifica para conocer el consumo eléctrico simulado del edificio.

---

<sup>8</sup> ATECYR, IDAE. Guía técnica de procedimientos y aspectos de la simulación de instalaciones térmicas en edificios, 2008.

En el cálculo de *Calener GT*, la energía primaria y emisiones de CO<sub>2</sub> son proporcionales a la energía final calculada, pues se utilizan unos **coeficientes de paso** de la energía según el tipo de energía empleada, que se deberían revisar periódicamente.

En la actualidad, el coeficiente de paso de la energía final eléctrica medida en KWh a energía primaria es de 2.603, y el coeficiente de paso a emisiones de CO<sub>2</sub> medido en kg CO<sub>2</sub> es de 0.649. Existe una propuesta reciente del IDAE en 2014, que propone reducir los coeficientes de paso a energía primaria, con un valor de 2.461 y a emisiones de CO<sub>2</sub> con un coeficiente de 0.399. (7)<sup>9</sup>

Por tanto, la importancia e interés de la simulación energética de edificios, no sólo está en el simple cumplimiento de la normativa relacionada, si no que obliga a los arquitectos e ingenieros tener en cuenta los valores de la eficiencia energética en el *diseño* de los edificios, y además las *herramientas de simulación energética* permiten optimizar el diseño del edificio e incluso simular su *comportamiento energético* cuando el edificio es existente, por lo que permiten estimar con cierta precisión los *ahorros energéticos* que se generarían por *actuaciones* de mejora concretas de su eficiencia energética; y en definitiva la *cantidad de CO<sub>2</sub> reducida* por cada actuación, que es el interés común más general, aunque no el interés individual, pues las medidas de mejora de la eficiencia energética sólo interesan por la rentabilidad económica que generarían y el *confort térmico* obtenido en cuanto a la calidad del aire interior, temperatura y humedad, y el correspondiente valor añadido a la edificación, visto como bien de inversión.

El cálculo de las *demandas térmicas* del edificio es muy variable con el tiempo y depende de múltiples factores, principalmente las condiciones ambientales o zona climática como radiación solar, el viento, las temperaturas y humedades relativas; el tipo de edificio en cuanto a su geometría, compacidad, orientación solar y las características térmicas de su envolvente térmica, y el uso y control de sus instalaciones que se establezca. (1 pág. 11)<sup>10</sup>

Teniendo en cuenta esta variedad de parámetros de cálculo tan importantes y que cada edificio es totalmente diferente en cuanto a su demanda térmica, la administración fija unas restricciones de cálculo para los procedimientos de simulación energética de los edificios, en los programas de *LIDER* y *Calener*, como son los perfiles de uso e intensidad

---

<sup>9</sup> IDAE. Factores de emisión de CO<sub>2</sub> y Coeficientes de paso de la energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector edificios en España, Febrero 2014.

<sup>10</sup> ATECYR, IDAE. Guía técnica de procedimientos y aspectos de la simulación de instalaciones térmicas en edificios, 2008.

de los ocupantes del edificio, las *temperaturas de consigna* del aire interior a mantener en periodo de invierno y verano, la ventilación nocturna, las condiciones climáticas según la zona climática o localidad en la que se encuentre el edificio, etc.

Estas restricciones a veces son un límite para la simulación energética porque realmente no se adaptan a las condiciones reales del comportamiento energético del edificio. En este caso *LIDER* y *Calener VyP* están muy restringidos, por lo que sus resultados realmente son válidos para la comparativa energética entre espacios del mismo edificio y como referencia para compararse con otros edificios.

Por otra parte, *Calener GT* está más libre en ese sentido porque permite definir con mayor detalle el uso horario de todas las instalaciones del edificio, por lo que los resultados podrían ser más fieles al comportamiento energético real del edificio.

En este proyecto se profundiza con rigurosidad en la definición del modelo energético de simulación del edificio de la *Escuela Politécnica Superior IV* de la Universidad de Alicante, y se pretende conseguir que los resultados de cálculo de consumo energético sean muy similares a los reales medidos mensualmente para cada año por la Universidad, de forma que el modelo sirva para modificarse a modo de ensayo, para estimar los ahorros energéticos que podrían generar diferentes propuestas de mejora de su eficiencia energética, usuales en la rehabilitación energética de edificios docentes.



## 5.2. REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS DOCENTES

La rehabilitación energética se podría definir como el conjunto de medidas y actuaciones para la mejora de la eficiencia energética de los edificios, ya sea para lograr conseguir el cumplimiento de las exigencias mínimas de la normativa relacionada en eficiencia energética de edificación, como para la búsqueda de la mayor eficiencia energética posible hasta superar cuatro veces las limitaciones.

Los edificios docentes, como los universitarios, presentan un elevado interés para la mejora de su eficiencia energética porque son, en primer lugar, edificios con alto consumo energético, y por otra parte, porque deberían presentar un elevado nivel de confort debido a la naturaleza e importancia de las actividades que en ellos tienen lugar y a los largos periodos de tiempo que tanto el profesorado como el alumnado invierten en ellos.

Por tanto, el propio proceso de aprendizaje está condicionado con los ambientes en que éste se produzca, por lo que se debe buscar soluciones energéticamente más eficientes que optimicen sus instalaciones y su construcción arquitectónica, de forma que aseguren la correcta construcción del proceso cognitivo, así como el respeto medioambiental y la sostenibilidad edificatoria. (8 pág. 19)<sup>11</sup> (9)<sup>12</sup>

Para determinar las actuaciones más convenientes para una rehabilitación energética de un edificio docente, se debe realizar bien una auditoría energética y/o una simulación energética del edificio, de forma que se puedan acotar los objetivos para la reducción del consumo energético y de las demandas térmicas del edificio.

El estudio energético simulado y la propuesta de las mejoras de la eficiencia energética del edificio suele tener un orden metodológico común a los procedimientos de las *auditorías energéticas*, pues en primer lugar se requiere un estudio exhaustivo del edificio con una infinidad de toma de datos referidos a la envolvente térmica del edificio y sus instalaciones, y un proceso de cálculo de los parámetros de cálculo que definan el modelo energético simulado del edificio. (10)<sup>13</sup>

Los trabajos posteriores son el estudio energético del edificio, tanto de sus demandas térmicas y consumos energéticos desglosados por cada tipo de instalación, como de la tarifa eléctrica del edificio. Después se analiza el coste económico que requiere

<sup>11</sup> **FENERCOM**. Guía de ahorro y eficiencia energética en centros docentes, 2011.

<sup>12</sup> **Berrocal Melado, Juan Carlos**. Propuestas para mejorar la eficiencia energética en centros educativos, 2012.

<sup>13</sup> **ICAEN**. Guía metodológica per realitzar auditories energètiques. *Colecció Cuaderno práctico 7*, 2012.

el edificio y se identifican las posibles propuestas de mejora más convenientes para un mayor ahorro energético, con sus respectivas inversiones. Por último, se realiza el estudio energético de cada propuesta de mejora, determinando los ahorros energéticos, el coste económico y financiero, y en definitiva su viabilidad económica.

Las actuaciones para la mejora de la eficiencia energética de los edificios se pueden focalizar en la *envolvente térmica*, es decir, los elementos constructivos del edificio, y en sus *instalaciones*, ya sean instalaciones de iluminación, climatización, equipamiento, ACS, ventilación, etc.

La envolvente térmica siempre es susceptible de mejora en sus muros, cubiertas, suelos en contacto con el ambiente exterior, en los puentes térmicos que hay entre éstos y en las puertas, ventanas y su protección solar.

Como ejemplo de referencia para la perfecta mejora de la eficiencia energética de la envolvente térmica podría ser el cumplimiento del *estándar Passive House*, en el que se destaca una mínima demanda térmica, debido a un aislamiento térmico continuo y de grosor importante, a un control minucioso de las *infiltraciones de aire mediante sistema de ventilación con recuperador de calor*, a una perfecta orientación de las ventanas y control de las protecciones solares de sombreamiento, para la captación gratuita de energía calorífica y el fácil refrescamiento. (11)<sup>14</sup>

La mejora de la envolvente térmica puede reducir considerablemente el consumo energético de la instalación de climatización. Las actuaciones más comunes son el aislamiento térmico de los cerramientos exteriores, la sustitución de vidrios y marcos de carpinterías por otras de menor transmitancia térmica y factor solar adecuado según cada caso, el control de los elementos de sombreamiento para facilitar o limitar la entrada de radiación solar por las ventanas durante todo el año, y la estanqueidad de las carpinterías y espacios para evitar pérdidas térmicas e infiltraciones de aire indeseadas. (12)<sup>15</sup>

En cuanto a las instalaciones, la mejora de la instalación de iluminación siempre consigue reducir el consumo energético de forma considerable, entre el 20 y 85%, pues normalmente representa hasta el 35% del consumo eléctrico de los edificios docentes. El ahorro en iluminación también genera indirectamente el ahorro energético en refrigeración.

---

<sup>14</sup> **FENERCOM**. Guía del estándar Passivhaus. Edificios de consumo energético casi nulo, 2011.

<sup>15</sup> **Junta de Castilla y León - EREN**. Manual de Eficiencia Energética en Centros Docentes. Uso y mantenimiento, 2013.

La actuación de mejora en iluminación suele ser en primer lugar, la sustitución de las luminarias por otras de mayor rendimiento energético y menor consumo eléctrico, que garanticen una distribución de luminancia adecuada para las actividades a realizar. (8)<sup>16</sup>

Una de las posibles mejoras es la iluminación LED, porque reduce considerablemente la potencia instalada, su iluminación suele ser incluso superior a las luminarias comunes y su mantenimiento es casi nulo por su larga vida útil.

También existen *sistemas de control y regulación* automatizado de la iluminación artificial, que pueden generar sustanciales mejoras en la eficiencia energética de la iluminación de un centro docente, de forma que se aproveche la iluminación natural y funcione en función de la presencia de personas. Los sistemas de control pueden ser interruptores horarios, detectores de presencia, detectores crepusculares, etc. (13)<sup>17</sup>

En cuanto a la climatización, ésta genera normalmente entre un 50 y 70% del consumo energético del edificio docente, por lo que es muy conveniente la toma de medidas para optimizar su rendimiento.

Las actuaciones para el aumento del rendimiento y continuidad de su funcionamiento son amplias, pues cualquier elemento que lo compone es susceptible de su mejora, en este caso se refiere a bombas de calor aire-agua, fancoils, bombas recirculadoras de agua y sus circuitos hidráulicos.

Las instalaciones de climatización, como las *UTA y fan-coils*, pueden adoptar sistemas de ventilación mecánica con recuperación de calor, que permiten renovar el aire interior de espacios estancos a la infiltración del aire evitando que se pierda la temperatura del aire extraído, normalmente entre un 50-90%; con lo cuál el recuperador de calor permite ahorrar en climatización e incluso aportar calor o frío de forma gratuita, en modo freecooling o freeheating, con la finalidad de garantizar un riguroso control de la energía y el confort térmico. El estándar Passive House lleva implícito este sistema. (14)<sup>18</sup> (11 pág. 121)<sup>19</sup> (13 pág. 41)

Un caso muy interesante y poco conocido para el incremento sustancial del rendimiento de una instalación de climatización es la combinación de una instalación

---

<sup>16</sup> **FENERCOM.** Guía de ahorro y eficiencia energética en centros docentes, 2011.

<sup>17</sup> **IDAE.** Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación. Centros docentes, 2001.

<sup>18</sup> **ATECYR y IDAE.** Guía técnica de ahorro y recuperación de energía en instalaciones de climatización, 2012.

<sup>19</sup> **FENERCOM.** Guía del estándar Passivhaus. Edificios de consumo energético casi nulo, 2011.

geotérmica, que permita reducir el consumo eléctrico de la instalación por el aprovechamiento de la transmisión térmica del subsuelo a través de un fluido caloportador en un circuito hidráulico enterrado. Las bombas de calor al alcanzar un rendimiento tan elevado inusual se considera que un porcentaje entre el 60-70% de su generación térmica como producción de energía renovable. (8 pág. 163)<sup>20</sup>

En cuanto a instalaciones con energías renovables, la generación eléctrica fotovoltaica con paneles solares es la más común. La instalación fotovoltaica puede funcionar por autoconsumo o inyección de la energía generada a la red de distribución eléctrica.

En este último caso, la instalación debería amortizarse entre 8 y 10 años según el precio de venta de la energía eléctrica, aunque parece ser que últimamente las políticas energéticas españolas penalizan este tipo de instalaciones debido a un peaje o tarifa adicional por el aprovechamiento energético del sol. (15)<sup>21</sup> (8 pág. 195)

Por otra parte, todas las instalaciones del edificio se pueden combinar con sistema inmótico, que permite la gestión energética de las instalaciones del edificio, mejora el confort, la seguridad y comunicaciones. Es decir, consiste en un control automatizado inteligente del edificio de acuerdo a sus necesidades, con la finalidad de ahorro energético y mayor comodidad para el usuario por aumentar la eficacia y la eficiencia de la gestión del edificio. Normalmente se puede ahorrar entre un 20 y 40% de la energía consumida en el edificio con un sistema de inmótica, pudiendo amortizarse en 3 años.

El interés en los edificios docentes es la monitorización del funcionamiento de máquinas, aire acondicionado y luminarias y su mantenimiento predictivo en tiempo real por internet. Los controles pueden ser sobre los cuadros eléctricos, la medición y control de consumos, los sistemas de ventilación y plantas de producción, la climatización, iluminación y la presencia humana, los elementos de sombreamiento, etc. (8 pág. 97)

En este proyecto se tratarán todas las posibles propuestas de mejora, que parezcan viables técnicamente para el edificio y que a su vez se pueda simular el ahorro energético generado de forma efectiva mediante *Calener GT*. La domótica o inmótica quedaría descartado porque el estudio energético es independiente al cálculo de *Calener GT*.

---

<sup>20</sup> **FENERCOM**. Guía de ahorro y eficiencia energética en centros docentes, 2011.

<sup>21</sup> **ICAEN**. Energía solar fotovoltaica. Col.lecció Quadern pràctic 4, 2011.



## 6. ESTUDIO ENERGÉTICO DE LA ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR IV UNIVERSIDAD DE ALICANTE

En este capítulo se realiza el estudio energético de la *Escuela Politécnica Superior IV*, compuesto por un estudio de las *demandas térmicas* de calefacción y refrigeración de los espacios a través del programa *LIDER-Calener VyP*, de la *certificación y calificación energética* del edificio mediante *Calener GT*, para conocer los consumos energéticos y emisiones de CO<sub>2</sub>; de cálculos de los consumos energéticos estimados del edificio, más detallados con la información disponible; y un estudio comparativo de los resultados obtenidos, con el consumo energético eléctrico real del edificio, registrado desde 2011 hasta 2014, a través de las estadísticas públicas del Servicio de Infraestructuras de la Universidad de Alicante.

El objetivo final del estudio es conocer el comportamiento energético actual del edificio y tomarlo, junto a los otros cálculos de consumos energéticos complementarios a realizar, como base de referencia objetiva para la toma de decisiones de propuesta de mejoras de su eficiencia energética.

El contenido de este capítulo tiene asociado la mayoría de anexos, donde se describe con detalle el procedimiento seguido, la toma de datos, razonamientos y decisiones, para justificar y definir con el mayor rigor posible el *modelo de simulación de cálculo del edificio*, pues la precisión de este determina a validez de los resultados y de su posterior uso para la estimación de costes y ahorros energéticos de las posibles futuras propuestas de mejora energética del edificio.

El análisis de los resultados de cálculo de las *demandas térmicas* se utiliza para describir de forma objetiva el comportamiento energético del edificio, detallado por cada espacio individualmente, por grupos de espacios por plantas y el edificio completo.

Con ello se consigue una mayor visión de las posibles actuaciones de mejora más favorables y rentables para cada espacio y en su conjunto, pudiendo analizar con profundidad cómo sería la respuesta térmica del edificio y los *consumos energéticos* que ello conlleva, partiendo de un *primer modelo del estado actual del edificio* y de *posteriores modelos modificados con las propuestas de mejora*.

Los programas *LIDER* y *Calener*, son documentos reconocidos por el *Ministerio de Industria, Energía y Turismo de España*, y se conocen sus limitaciones de cálculo y su dificultad de manipulación.

Sin embargo, conociendo con profundidad los parámetros de cálculo de estos programas y su adecuado manejo, se puede dar un mayor avance en el estudio energético, pues el cálculo de forma manual sería un “suicidio” por parte del técnico competente, dada la *complejidad geométrica del edificio y el elevado número elementos constructivos* esenciales para el cálculo, como son los *cerramientos exteriores e interiores, puertas, ventanas y sus elementos de protección solar, y las sombras que proyecta el edificio sobre sí mismo*.

Por tanto, tiene excesiva importancia la mayor definición del edificio en las herramientas de simulación energética *LIDER* y *Calener GT*, porque el modelo de simulación del edificio se utiliza como “laboratorio de ensayo” para la toma de decisiones con mayor fundamento, y pudiendo con ello marcar objetivos de *reducción de consumos energéticos*, que puedan materializarse con las actuaciones de *rehabilitación energética* del edificio.

El estudio energético de este proyecto pretende asentar la base del modelo de simulación del edificio lo más parecido posible a la *realidad*, en cuanto a sus parámetros que lo definen y a sus resultados de cálculo de *consumo eléctrico* anual.

Con lo que su estudio, va más allá de mostrar un informe de los resultados generales de cálculo de cumplimiento de las limitaciones de ahorro de energía establecidas por el Código Técnico de la Edificación y de su calificación energética resultante.

Los resultados generales son indicadores de la relación de demandas térmicas, consumos y emisiones de CO<sub>2</sub> generadas según el tipo de energía utilizada en el edificio a lo largo de un año, en comparación con una réplica del mismo modelo del edificio pero predefinido con una envolvente térmica e instalaciones que son las mínimas exigidas como referencia.

Por lo que los resultados generales pueden ser “engañosos”, porque la relación del edificio simulado puede ser mucho más favorable que el edificio de referencia de cálculo, y sin embargo puede tener unos consumos energéticos anuales insostenibles o más elevados de lo deseable.

Por tanto, los resultados generales se analizan como *indicador comparativo* de cómo sería el comportamiento energético de edificio en otras condiciones constructivas y de instalaciones, establecidas por y para el cumplimiento de la normativa de este ámbito.

Pero mantiene la relevancia el valor del **consumo energético** calculado, es decir, se va a considerar que el edificio es energéticamente eficiente cuando sus demandas térmicas y consumos sean mínimos, dadas sus condiciones constructivas.

En definitiva, con este estudio energético del edificio se pretende en primer lugar, **analizar el comportamiento energético** general del edificio y por plantas, teniendo en cuenta para ello los resultados de cálculo de las **demandas térmicas** de la herramienta **LIDER-Calener VyP**, y definiendo con la mayor precisión la geometría y las propiedades de los espacios y huecos.

En segundo lugar, se pretende estimar las **cargas térmicas punta o máximas** del edificio, por plantas y por espacios, a través del análisis profundo de los resultados ocultos de cálculo de **LIDER-Calener VyP**, mediante la herramienta de visualización de resultados de ecoeficiente.

Se sabe que las hipótesis para los cálculos de demanda de **LIDER y Calener VyP**, no son las mismas que las que se deben utilizar para el *dimensionado de instalaciones de climatización*, porque para ello se suele usar la potencia necesaria para dar satisfacción al usuario en *condiciones extremas*; mientras que para los cálculos de demanda de **LIDER y Calener VyP**, se usa la energía necesaria consumida durante un periodo de tiempo usando **condiciones habituales**.

Sin embargo, puesto que en **LIDER y Calener VyP** vienen con horarios de uso e intensidad predefinidos, no se puede ajustar totalmente el horario de uso de las instalaciones del edificio en el programa, y por tanto, se puede suponer que siempre habrá un resultado de cálculo mayor al real.

De todos modos, la **carga punta** hallada en **LIDER-Calener VyP** se toma como indicador de referencia para estimar la potencia térmica requerida por las bombas de calor aire-agua de cada circuito hidráulico del sistema de climatización del edificio. Así mismo se comparará los resultados con las potencias nominales de las bombas de calor aire-agua existentes en el edificio para comprobar si los cálculos son aproximados y útiles.



En tercer lugar, se realiza el cálculo de **consumos de energía final y emisiones de CO<sub>2</sub>** anuales mediante *Calener GT*, con la finalidad de comparar los *consumos reales* del edificio publicados por la Universidad respecto del cálculo de consumos eléctricos simulados, validar el modelo de simulación y establecerlo como base de referencia del estado actual del edificio.

Se realiza un segundo estudio general de la demanda térmica en *Calener GT*, que es el definitivo y más ajustado al comportamiento energético real del edificio, de forma que se puede comparar los resultados generales entre *LIDER-Calener VyP* y *Calener GT* y tener una visión mucho más amplia del estudio energético.

Sin embargo, el estudio exhaustivo de la demanda térmica según los resultados de *LIDER-Calener VyP* sirve para realizar un estudio comparativo y más detallado por espacios, por lo que los resultados finalmente serán indicadores objetivos para la toma de decisiones de mejoras de la eficiencia energética del edificio en cuanto a envolvente térmica, instalación de iluminación y ventilación de los espacios.

El modelo de simulación energética de *Calener GT*, finalmente sirve para conocer el consumo eléctrico del edificio actual y su calificación energética, pero además se usa para hacer un estudio individual de mejoras de eficiencia energética que se habrán determinado previamente con el estudio de demandas térmicas y consumos del edificio.

Es decir, el modelo de *Calener GT* es un modelo de ensayo virtual para analizar la variación de la demanda térmica y los ahorros energéticos derivados de cada mejora de eficiencia energética del edificio establecido.

Finalmente, se realiza un estudio comparativo de las diferentes propuestas de mejora adoptadas y se determina su conveniencia para la **rehabilitación energética** del edificio de la *Escuela Politécnica Superior IV de la Universidad de Alicante*.

## 6.1. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

La **Escuela Politécnica Superior IV** de la Universidad de Alicante, se ubica en el municipio de **San Vicente del Raspeig**, con Altitud de 109 metros sobre el nivel del mar y valor de la Latitud en 37,37, siendo Alicante la ciudad más cercana, con **zona climática B4**, según el *Código Técnico de la Edificación*.

En cuanto a su **orientación**, su fachada Oeste forma  $17^\circ$  con el Norte, es decir  **$343^\circ$**  según el sistema de coordenadas para el programa *LIDER*, porque el ángulo se obtiene en *sentido horario* desde la orientación Norte.

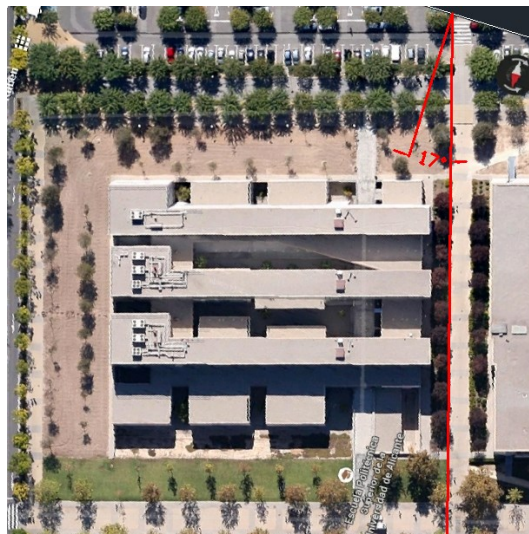


Figura 1. Google Maps. Medición Orientación Edificio

Su **ubicación** dentro del campus universitario, es entre el edificio de *Óptica y Optometría* situado junto a su fachada Oeste, y el edificio *Aulario II* situado frente a su fachada Norte. Por el Sur y el Este se encuentran aparcamientos y la carretera perimetral del campus que recorre la universidad. La *Politécnica IV* es uno de los edificios que dispone de mayor superficie ajardinada libre, tanto en su solar como entre el *Aulario II*.



Figura 2. Vista aérea de situación de la Escuela Politécnica Superior IV y superficie ajardinada  
Fuente: Navegador de mapas Bing

Evidentemente es un edificio de *sector terciario*, con grandes instalaciones de climatización que corresponden al **Gran Terciario** según los programas de certificación energética, y que presta servicio público docente e investigador, dotado de una *superficie neta* de 6423 m<sup>2</sup>, repartida en cuatro plantas, que representa a su vez el 45% de la superficie disponible entre las cuatro escuelas de la Politécnica Superior de Alicante.

La **superficie** acondicionada total del edificio se ha aumentado en los últimos años con nuevas aulas y subdivisiones de espacios, siendo próxima a 6653.96 m<sup>2</sup>, según el modelo simulado en *LIDER y Calener*.

El edificio ocupa una superficie de **solar** en planta próxima de 5517.30 m<sup>2</sup>, inscrito en un solar rectangular de 80 x 70 metros aprox.

Se distribuye en cuatro **plantas**, donde las inferiores, *planta sótano y planta baja*, corresponden a las *aulas*, algunos laboratorios y dotaciones comunes; y las plantas superiores, *primera y segunda*, corresponden a los *despachos*, secretarías de los diferentes departamentos y laboratorios.

El edificio se distribuye verticalmente en plantas de 3,22 metros de **altura libre** interior, en planta sótano y planta baja, y 2,67 metros en las plantas 1<sup>a</sup> y 2<sup>a</sup> de los módulos.

La planta baja tiene un nivel de 0,57 metros sobre la rasante del solar, y la altura total del edificio sobre rasante es próxima a los 11 metros, al igual que el edificio contiguo de *Óptica y Optometría*.

La **planta sótano** se asienta a tres metros bajo la rasante del solar, y se compone de piezas de gran formato de planta rectangular *aisladas*, con superficies útiles variables entre 141 y 177 m<sup>2</sup>, que conforman el perímetro del edificio y al mismo tiempo están separadas entre sí, dotando de *patios* abiertos al exterior y de un cruce de *pasillos* exteriores concéntricos a un patio central, que conectan con todas las aulas de la misma planta.

La parte Oeste del edificio en cambio, se compone por una pieza longitudinal continua de 9,5 x 70 metros cerrada al exterior, que forma el perímetro de la fachada Oeste, con **ventanas** orientadas hacia el centro del edificio.

Las piezas de las *aulas aisladas*, disponen de **ventanas** orientadas hacia las aulas contiguas y nunca hacia el exterior del solar.

La composición de **planta baja** es igual que la planta sótano, pero con diferencias en la *distribución interior* de los espacios, sobre todo en la zona Oeste, y una pieza que forma la esquina Noreste, que dispone de espacios para uso investigador y de maquetación de proyectos de arquitectura.

En el *centro del edificio* se encuentra un gran patio abierto al exterior.

Sobre este sistema base de espacios entrelazados por *pasillos exteriores*, se deposita una serie de *tres piezas transversales* longitudinales idénticas, en dos plantas, conteniendo los seis departamentos requeridos, con un total de 150 despachos.

Estas piezas o **módulos**, miden 82 metros de longitud y 6,50 metros de ancho, que se prolongan sobre la fachada Oeste y vuelan 2,50 metros aprox.

En la zona Este de los módulos, que pertenece al uso de *secretaría y laboratorios* de los departamentos, la superficie del espacio se ensancha de forma que se prolonga verticalmente con la superficie de las aulas de planta baja. Además tienen la particularidad de que disponen de toda su fachada Sur y Norte acristalada, y sólo una ventana en el resto de orientaciones.

Los espacios de los módulos se articulan en tres **zonas** con agrupación de despachos, divididas por el acceso de las **escaleras**, que dan acceso a las cuatro plantas y donde la primera planta está conectada con el aire exterior a través de las escaleras.

El *acceso y recorrido* a través de los módulos es a través de un **pasillo** longitudinal que conecta todas las zonas, el cuál dispone de un **muro cortina** en todas sus caras exteriores, con orientación Norte, marcada por la jerarquización del Campus de la Universidad, donde los edificios se orientan con vistas hacia el centro del campus donde se encuentra la *Torre de Control*, perteneciente a la antigua *estación de aviación militar* de San Vicente del Raspeig.

Como se ha indicado inicialmente, el edificio está girado 17 grados hacia el Oeste, con la consecuente problemática de que en periodo de verano, el sol incide directamente a través de los **muros cortina** de los módulos.

Por otra parte, también existe una elevada *radiación solar difusa* en los módulos, de forma que el sol incide sobre el cerramiento del módulo de enfrente, y su radiación rebota e índice dentro del módulo contiguo a través del muro cortina.





*Figura 3. Vista aérea Norte de la Escuela Politécnica Superior IV en atardecer periodo verano*  
*Fuente: Navegador de mapas Bing*

Por otra parte, los **despachos** de los módulos disponen de ventanas de anchura reducida, de dimensiones 0,35 x 1,05 m, situadas en una esquina de la fachada Sur de cada despacho.



*Figura 4. Vista aérea Sur de la Escuela Politécnica Superior IV*  
*Fuente: Navegador de mapas Bing*

Los **muros cortina** disponen de ocho ventanas de eje horizontal por planta, de reciente ejecución, de anchura variable entre 2.70, 2.40 y 1.80 metros y 0.8 metros de altura.

Las **ventanas** de planta baja y planta sótano están ejecutadas desde pavimento hasta línea inferior del forjado de su misma planta y retranqueadas hasta la superficie interior de los muros.

En cambio, la *anchura de las ventanas* es muy variable, desde 2.20 hasta 0.76 metros, habiéndose medido y establecido para el *modelo de LIDER y Calener*, 33 tipos de ventanas y 5 tipos de puertas, con un total de 469 huecos, sin distinguir entre puertas y ventanas, y además 174 puertas entre los módulos y otros espacios como cuartos de instalaciones y ascensor.

Para más detalle sobre las **ventanas y sus elementos de sombreamiento**, consultar el ANEXO B.2.2. Cerramientos semitransparentes, y el ANEXO B.3.3. Toma de datos y cálculos de Huecos y Lamas horizontales.

La **estructura** de la planta baja y sótano del edificio está resuelta con pórticos de hormigón armado y forjados unidireccionales con viguetas y bovedillas de hormigón.

Los módulos están resueltos con **estructura mixta** de hormigón armado y perfilaría metálica de acero, con arriostramientos diagonales, tanto en vertical como en horizontal.

También cabe indicar que los **pilares** de las aulas de planta baja y sótano, separan las ventanas, quedan vistos al exterior, y están pintados de color negro, entendiéndose que tiene función de **inercia térmica**, es decir, el hormigón *absorbe y acumula el calor solar* y lo expulsa hacia el interior por la tarde y noche. Los **frentes de forjado** situados entre las ventanas, también tienen estas características.

En cuanto al sistema constructivo de los cerramientos, en planta baja y sótano, los **muros** son *tradicionales*, compuestos por dos *fábricas de ladrillo hueco doble*, revestidas con mortero monocapa blanco en el exterior y enlucido de yeso por el paramento interior, las cuales son pasantes por los pilares de hormigón armado, de forma que queda una cámara de aire de alrededor de 25 centímetros de grosor, con aislamiento térmico de poliestireno expandido, clavado y adherido a la fábrica de ladrillo.



En los **módulos**, el sistema es el mismo pero con anchura variable de la *cámara de aire*, ajustada para el paso de la perfilera metálica de la que conforma la estructura de los módulos.

Los **muros** de los *espacios no habitables*, como los aseos, ascensores y cuartos de instalaciones, están ejecutados con fábrica de ladrillo perforado, revestidos con azulejo por el interior, y mortero monocapa si el muro está en contacto con la intemperie, o enlucido con yeso si el paramento está en espacio cubierto.

Los **pavimentos** de planta sótano están ejecutados con solera de hormigón sobre firme de gravas y arenas en la base de cimentación, acabado con baldosas de mármol en los espacios acondicionados, y con gres en los aseos. En el resto de plantas, el pavimento está ejecutado de forma similar, pero variando grosores de gravas, arenas y morteros de cemento sobre el forjado.

Las **cubiertas** son planas no transitables, con protección de grava sobre aislamiento térmico de poliestireno extruido y formación de pendientes con hormigón celular sobre el forjado exterior de planta segunda, y parte de la superficie de aulas de planta baja. Las cubiertas sobre los pasillos de planta baja del mismo tipo, pero sin aislamiento térmico.

Para más detalle sobre la composición de la *envolvente térmica del edificio*, consultar el **ANEXO B.2.1. Cerramientos y particiones del edificio**.

Desde el punto de vista *arquitectónico*, se consideró el **clima local**, donde la mayor parte del año hace buen tiempo, permitiendo ello una edificación con ***alto valor del espacio exterior***, abriendo sus accesos a los recorridos naturales del entorno, a la variedad de recorridos y vistas cruzadas, donde la gran libertad de uso, la permeabilidad espacial, la protección solar de los propios pabellones y pasos cubiertos generan los espacios propicios para *el movimiento, la relación y el encuentro*.

Por otra parte, el edificio pretende resolver la aparente incompatibilidad de escala entre las piezas de gran formato (aulas) y las de pequeño formato (despachos) que pedía el programa del concurso del proyecto, diferenciando estas dos escalas formalmente e intentando que se pongan mutuamente en valor.

Con el siguiente estudio de demandas térmicas y consumos eléctricos del edificio, se valorará en qué medida la *apuesta del diseño por la amplia disponibilidad de uso del espacio exterior*, afecta al *consumo eléctrico y al confort térmico* de las personas.

## 6.2. MEDICIONES, CÁLCULOS Y VERIFICACIÓN DE PARÁMETROS DE CÁLCULO BÁSICOS PARA EL ESTUDIO ENERGÉTICO

En este proyecto se usa el programa **LIDER** versión 1.0 - 1 Julio de 2009 para insertar líneas auxiliares para definir la geometría del edificio, la base de datos de la envolvente térmica, parámetros esenciales como son la *zona climática, orientación, higrometría y renovaciones de aire* del edificio requeridas, y además configurar las propiedades de los espacios según el *tipo de uso e intensidad* predefinidos en el programa en cuanto a cargas térmicas, los tipos de *puentes térmicos* y número de pilares por espacio, la *eficiencia energética en iluminación* y sus límites establecidos por normativa vigente, entre otros.

Finalmente el modelo del edificio se exporta a **Calener GT** versión 3.21, para introducir los sistemas de la *instalación de climatización*, configurar detalladamente horarios anuales, semanales y diarios del *uso* del edificio, y así como los parámetros asociados de *ocupación, fuentes internas de equipos, iluminación, dispositivos de sombra móviles y la disponibilidad de funcionamiento* de la instalación de climatización.

Por otra parte, se realizan múltiples ajustes de parámetros del modelo en **Calener GT**, como son los elementos de sombreado, la altura de espacios, la permeabilidad al aire de la carpintería, el tipo de luminaria, la unión vertical entre espacios, etc.

Al tratarse de un edificio de uso **Gran Terciario**, las instalaciones de climatización del edificio no existen en otros programas de certificación energética reconocidos por el Ministerio, por lo que es obligatorio el uso de **Calener GT** para la certificación energética y análisis de *consumos de energía final, primaria y emisiones de CO<sub>2</sub>*.

Actualmente el programa **LIDER** ha desaparecido como **Documento Reconocido** en el *Ministerio de Industria, Energía y Turismo* como Procedimiento general para edificios en proyecto y terminado. Quedan vigentes como documentos reconocidos, entre otros, los programas **Calener VyP** y **Calener GT**, que también se utilizan en este proyecto.

El motivo de utilizar **LIDER** en vez de **Calener VyP**, es porque al insertar los *ficheros de líneas auxiliares .aux* en un fichero *.cte* creado en **Calener VyP**, no se visualizan las líneas auxiliares insertadas en la vista 3D del programa, sólo aparecen un segundo antes de cerrar el programa.



Pocos meses después de realizar este proyecto, queda vigente la nueva *herramienta unificada LIDER-Calener*, promovida por el Ministerio, como sustitución de *LIDER* para el cumplimiento de limitación de la demanda térmica según las nuevas modificaciones de la normativa de ahorro de energía del **CTE-DB-HE0 de 2013**. (4)<sup>22</sup>

En este proyecto no tiene importancia que el programa utilizado genere un documento que indique el cumplimiento de la normativa actualizada, porque posteriormente se seleccionarán los resultados de cálculos apropiados y se indicará manualmente su cumplimiento, al menos en cuanto a *transmitancia térmica*.

Los resultados de cálculo generados por la nueva herramienta y las utilizadas en este proyecto, son diferentes y no comparables para un estudio energético detallado.

### 6.2.1. HIGROMETRÍA DEL EDIFICIO

La **clase higrotérmica** se determina en función del nivel de producción de **humedad en el interior** de los locales.

El Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de energía del Código Técnico de la Edificación (DA DB-HE/2), en su artículo 2.2.2. **Condiciones interiores para el cálculo de condensaciones intersticiales** (16)<sup>23</sup>, indica que en ausencia de datos más precisos del ritmo de producción de humedad interior y la tasa de renovación de aire, se puede tomar, para todos los meses del año, una temperatura del ambiente interior igual a 20 °C y una humedad relativa del ambiente interior en función de la clase de higrometría del espacio, en la que la **clase de higrometría 3** o inferior, correspondiente a espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad: **55%**.

The screenshot shows the 'Zonificación climática' (Climate zoning) and 'Orientación del edificio' (Building orientation) sections of the LIDER software. In the 'Zonificación climática' section, the 'Zona' is set to 'B4', 'Localidad' is '\_Localidad\_ZonaB4', 'Latitud' is '37,37', and 'Altitud' is '109,00'. In the 'Orientación del edificio' section, the 'Ángulo' is set to '343,00' and there is a diagram showing the building's orientation relative to the cardinal directions. Below this, the 'Tipo edificio' (Building type) section has 'Edificio sector terciario' selected. The 'Clase por defecto de los espacios habitables' (Default class for habitable spaces) section shows 'Tipo de Uso' as 'Intensidad Media - 16h' and 'Condiciones higrometría' with 'Clase 3 o inferior' selected. At the bottom, 'Número de renovaciones hora requerido' is set to '2,5'.

Figura 5. LIDER. Datos Pestaña Descripción

<sup>22</sup> **Código Técnico de la Edificación**. CTE-DB HE. Documento Básico de Ahorro de Energía, Noviembre 2013.

<sup>23</sup> **Código Técnico de la Edificación**. Documento de Apoyo al Documento Básico de Ahorro de energía. DA DB-HE / 2. *Comprobación de limitación de condensaciones superficiales e intersticiales en los cerramientos*, Octubre 2013.

El *CTE DB-HE 2* también está de acuerdo con la norma *UNE-EN ISO 13788:2002. Características higrotérmicas de los elementos y componentes de edificación*. Por tanto, en este caso se trata de una **clase de higrometría 3**.

### 6.2.2. RENOVACIONES DE AIRE INTERIOR

A diferencia de la edificación residencial, en los **edificios terciarios** es necesario conocer las **renovaciones/hora**, tanto derivadas de las *infiltraciones* de los huecos, como por necesidades mínimas para la calidad del aire interior, establecidas en el *RITE*, pues es un parámetro importante que influye considerablemente en la carga térmica total de los espacios y en la *demanda derivada de las infiltraciones*, independientemente que la ventilación sea natural o mecánica.

Los datos de caudales del *RITE*, se introducen en la pestaña de *Descripción*, en el apartado de *nº de renovaciones hora requerido* si la renovación de aire es la misma para todos los espacios, y si los valores fuesen diferentes se introducen individualmente en las propiedades que definen cada espacio. Las *infiltraciones* se tienen en cuenta en el cálculo del programa *LIDER y Calener*, en función de la *permeabilidad al aire* indicada en la carpintería.

En *Calener GT* sí importa cómo se realice la ventilación, porque si se ventila de forma mecánica supondrá un consumo energético. Por esta razón, es necesario distinguir entre las infiltraciones de aire exterior que se introducen en los espacios y la renovación de aire de forma mecánica que se define en los subsistemas de climatización.

En este caso, la renovación de aire de forma mecánica se genera con la impulsión de *aire primario* de los subsistemas de climatización, *fan-coils*, porque no hay sistema de extracción de aire, excepto en los aseos, que son espacios no acondicionados, que no se consideran como espacios que generen consumo energético.

Según el RD 1027/2007 **Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificios (RITE)** (3)<sup>24</sup>, en su parte II de Instrucciones Técnicas IT.1 Diseño y Dimensionado, en sus subapartados de la IT 1.1.4. Caracterización y cuantificación de la exigencia de bienestar e higiene, en el **IT 1.1.4.2. Exigencia de calidad del aire interior**, indica que el resto de

---

<sup>24</sup> MINETUR. *Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios*. R.D.1027/2007, Julio 2013.

edificios, que no sean de viviendas con locales habitables, regidos por los requisitos de calidad de aire interior del *CTE-HS 3(17)*<sup>25</sup>, dispondrán de un **sistema de ventilación** para el aporte del suficiente caudal de aire exterior que evite la formación de elevadas concentraciones de contaminantes, en los distintos locales en los que se realice alguna actividad humana.

En la *IT 1.1.4.2.2. Categorías de calidad del aire interior en función del uso de los edificios*, define la **categoría de calidad del aire interior (IDA)** que se deberá alcanzar como mínimo, en función del uso del edificio o local.

En este caso, la mayoría de espacios de la Escuela Politécnica Superior IV les corresponde una categoría **IDA 2 (aire de buena calidad)**, porque su uso se asimila al de aulas de enseñanza, oficinas, salas de lectura y salas de tribunales.

Sin embargo, a las aulas de ordenadores y Salón de actos, les corresponde según la norma, un **IDA 3 (aire de calidad media)**.

Por otro lado, el **Taller de Maquetas de Arquitectura**, se considera a efectos del *RITE*, como un local donde está permitido fumar, donde los *caudales de aire exterior* deben ser como mínimo **el doble** que los indicados para el *IDA 3*, porque no cumple con las condiciones de baja producción de sustancias contaminantes por fuentes diferentes del ser humano, pues dentro del aula se trabaja con *máquinas de corte láser*, que cortan láminas de materiales plásticos normalmente, que desprenden gases nocivos para la salud y también se expulsan al exterior, quedando el fuerte olor por las aulas cercanas y pasillos de distribución del edificio.

De los cinco métodos de cálculo del *caudal mínimo de aire exterior de ventilación*, del *IT 1.1.4.2.3*, se emplean en este caso los métodos:

**A. Método indirecto de caudal de aire exterior por persona**, para todos los espacios donde las personas tengan una *actividad metabólica* de alrededor **1,2 met**, cuando sea baja la producción de sustancias contaminantes por fuentes diferentes del ser humano y cuando no esté permitido fumar, y que según la Tabla 1.4.2.1 Caudales de aire exterior, corresponden para **IDA 2: 12,5** y para **IDA 3: 8**, en dm<sup>3</sup>/s por persona.

---

<sup>25</sup> Código Técnico de la Edificación. DB HS. Documento Básico de Salubridad, 2009.

**D. Método indirecto de caudal de aire por unidad de superficie**, para espacios no dedicados a ocupación humana permanente, que en este caso se han considerado todos los **aseos** del edificio, y que corresponden para **IDA 2: 0,83 dm<sup>3</sup>/(s·m<sup>2</sup>)**.

Por otro lado, a los efectos de cumplimiento de los anteriores apartados del *RITE*, se considera válido lo establecido en el procedimiento de la *UNE-EN 13779:2008. Ventilación de los edificios no residenciales. Requisitos de prestaciones de sistemas de ventilación y acondicionamiento de recintos*.

La norma vigente, a fechas de año 1999 cuando se elaboró el proyecto del edificio, fue la *Norma UNE 100011:1991. La ventilación para una calidad aceptable del aire en la climatización de los locales*, que fue anulada por *UNE-EN 13779:2008*, y que viene a decir lo mismo que el *RITE*, vigente en la actualidad.

En la *Norma UNE 100011:1991*, existían tablas de *caudal de renovación de aire*, en m<sup>3</sup>/h por persona, correspondientes a muchas actividades en edificios, de entre ellos, para *locales institucionales*, como escuelas, aulas, laboratorios y talleres; que les correspondía entre un caudal mínimo de 18 m<sup>3</sup>/h por persona, y un máximo de 25,2 m<sup>3</sup>/h por persona.

En general se observa que los requerimientos de caudal de renovación de aire establecidos en el *RITE*, casi triplican los valores de la antigua normativa, porque para un uso equivalente correspondiente a la categoría IDA 2 del *RITE*, el caudal mínimo de aire exterior es de 45 m<sup>3</sup>/h por persona.

Para el cálculo de *renovaciones del aire* en el edificio, cada espacio tiene requerimientos de ventilación diferentes entre sí, porque depende del **flujo o promedio de personas** que usan cada espacio, su superficie y **volumen**.

El resultado de cálculo de las *renovaciones por hora*, provienen del producto entre el caudal mínimo de aire exterior, según *RITE*, y el **promedio de personas** que pasan por cada espacio durante el curso, dividido por el **volumen** correspondiente de espacio.

Para conocer el promedio de personas que pasan por cada aula, se ha calculado el **promedio de personas matriculadas por cada aula de todas las asignaturas de todos los planes de estudio** de las carreras universitarias matriculados en el **curso 2013-14**, a través de una **base de datos**, proporcionada por el *Servicio de Informática y la Unidad Técnica de Calidad de la Universidad de Alicante*, en la que se desglosa por cada aula, el

curso académico, el plan de estudios, la asignatura, clase teórica o práctica, cuatrimestre, grupo, total de matriculados, total plazas disponibles por aula y total de plazas acumuladas en el curso.

Arquitectura - plan 1996  
Arquitectura Técnica - plan 1999 modificado  
GRADO EN ARQUITECTURA  
GRADO EN ARQUITECTURA TÉCNICA  
GRADO EN INGENIERÍA CIVIL  
GRADO EN INGENIERÍA EN SONIDO E IMAGEN EN TELECOMUNICACIÓN  
GRADO EN INGENIERÍA INFORMÁTICA  
GRADO EN INGENIERÍA MULTIMEDIA  
GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA  
Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos. Plan 2005  
Ingeniería en Informática - plan 2001  
Ingeniería Geológica - plan 1999  
Ingeniería Química - plan 1999  
MÁSTER UNIVERSITARIO EN GESTIÓN DE LA EDIFICACIÓN  
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN  
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INFORMÁTICA  
MÁSTER UNIVERSITARIO EN PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

Figura 6. Lista de planes de estudio con docencia en las aulas del edificio  
Fuente: elaboración propia a partir de Base de datos de la Unidad Técnica de Calidad de la Universidad Alicante

De todos los planes de estudio con docencia en el edificio, los estudios más permanentes corresponden a *Arquitectura*, *Arquitectura Técnica*, *Ingeniería Civil*, *Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos*. Los demás estudios de la lista tienen asignadas menos aulas y menos horas, pues suelen tener docencia también en otros edificios de la Universidad.

Para calcular el **volumen** de cada espacio, se ha tenido en cuenta la *altura interior* de cada planta, medida desde la línea de pavimento hasta la cara inferior del forjado estructural.

No se descuenta el grosor del **plenum** del **falso techo**, porque es registrable con perforaciones y no está muy ventilado, por tanto *la temperatura puede que sea la misma que en la estancia* y en *LIDER* se considera *adiabático*, es decir, es un cerramiento que no transmite cambios de temperatura a través del mismo.

En *Calener GT* sí se distingue el **plenum**, pero en este caso tampoco se considera, porque no está ventilado. En definitiva se ha indicado al cerramiento del forjado que lleva un material adicional de yeso o escayola de 2 cm de espesor por su cara inferior.

Como se ha indicado, la mayoría de espacios del edificio requieren un IDA 2: 12,5 dm<sup>3</sup>/s por persona, sin embargo para el cálculo se cambia de unidades a m<sup>3</sup>/h por persona, que equivale a multiplicar por 3.6. Entonces para un IDA 2, es de 45 m<sup>3</sup>/h, y para IDA 3, de 28,8 m<sup>3</sup>/h por persona.

Para los **aseos**, el caudal de ventilación exterior es variable para cada espacio, porque se ha optado por el *método indirecto por unidad de superficie*, así que el caudal de cálculo varía entre 27 y 78 m<sup>3</sup>/h, pero sin embargo *las renovaciones por hora* de todos los aseos, tienen un valor muy próximo a 1 renov./h.

Para **aulas**, las renovaciones hora varían entre 1,53 a 5,12 renov./h, siendo las más bajas para las aulas de ordenadores, y las más altas para las aulas de tamaño mediano de 90 m<sup>2</sup> aprox. Para los **despachos**, entre 1,5 y 2 renov./h.

Para los **laboratorios** entre 1 y 1,20 renov./h, y para los *despachos y secretarías de los departamentos* entre 1,42 y 2,06 renov./h.

En cambio para el **salón de actos**, tiene el valor más alto de todo el edificio en 5 renov./h debido a que tiene una gran capacidad de 108 butacas, aunque para el cálculo se ha considerado que de media se ocupa el 65% del aforo máximo.

El **taller de Arquitectura** de planta sótano, que llaman *pecera* y fue construido por la empresa *E.C.I.S.A*, también tiene un valor de cálculo elevado, de 4 renov./h. Está abierto desde 8:30 a 21:00 horas, siempre hay estudiantes dentro, pero no hay ventilación porque es un recinto estanco de vidrio con dos puertas, y el aire acondicionado del taller se usa poco; por lo tanto el aire interior siempre está *viciado*.

Para el **taller de maquetas de Arquitectura**, como se ha indicado antes, se ha duplicado el requerimiento de caudal de aire para un IDA 3, de forma que resulta 57,6 m<sup>3</sup>/h. Sin embargo, la renovación de aire requerida, de 0,51 renov./h, es la menor de todo el edificio, porque solo hay dos personas de media, becarios de Arquitectura.

Finalmente se calcula el promedio de renovaciones de aire por hora de todos los espacios del edificio, y resultado final es de **2,49 renov./hora**.

El resultado del cálculo de renovaciones de aire, promedio e individual por espacios, se justifica en la tabla de cálculo del **ANEXO B.3.1. Cálculo renovaciones de aire por espacios**.

### 6.2.3. TIPO DE USO Y SU INTENSIDAD DE LOS ESPACIOS

En el documento Condiciones de aceptación de procedimientos alternativos a LIDER y Calener. Anexo III. Condiciones operacionales (18)<sup>26</sup>, indica qué condiciones de cálculo tienen las diferentes **intensidades** baja, media, alta, según el **uso horario** de 8, 12, 16, 24 horas.

Tabla 2. Cargas Latentes y Sensibles según la Intensidad de Uso en LIDER

Intensidad	Ocup. Sensible (W/m <sup>2</sup> )	Ocup. Latente (W/m <sup>2</sup> )	Equipos (W/m <sup>2</sup> )
Baja	2	1,26	1,5
Media	6	3,79	4,5
Alta	10	6,31	7,5

Fuente: elaboración propia a partir del documento de Condiciones de aceptación de procedimientos alternativos a LIDER y Calener. Anexos

Para *iluminación y ventilación* el valor es 100% para las horas diarias de uso, no hay diferencias entre tipos de intensidades. Las *temperaturas de consigna* son 20-25 °C para todos los tipos de uso e intensidades predefinidas en el programa.

#### 6.2.3.1. USO HORARIO

La *ocupación sensible y latente*, en LIDER y Calener VyP, se calcula a partir de las 7 de la mañana, todos los días laborales. Para todos los grupos horarios se calcula igualmente los sábados a partir de las 7 de la mañana pero tiene límite hasta las 14 horas.

En este caso, las aulas que tienen docencia más temprano es entre las 8:00 y 8:30 horas, entre las 7 y 8 de la mañana nunca hay clase, con lo cual se reduciría una hora y media de ese horario diario predefinido en LIDER o Calener VyP. Por otro lado, el *edificio de la Escuela Politécnica Superior IV no abre los sábados*.

El **uso horario de 12 horas**, predefinido en el cálculo del programa, tiene un corte de funcionamiento a las 15 y 16 horas, y continúa a partir de las 17 horas, hasta las 20 horas. En cambio, para el **uso horario de 16 horas**, el funcionamiento es continuo desde las 7 horas de la mañana hasta las 22 horas. En realidad, el edificio tiene un uso máximo de 13 horas diarias, desde las 8:30 a las 21:30 horas, pero según *calendario semanal por aula*, las horas docentes varían entre 2 y 14 horas, siendo el promedio 7,2 horas aprox. según el cálculo de la media de todas las horas diarias semanales de las aulas.

<sup>26</sup> IDAE Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Condiciones de aceptación de procedimientos alternativos a LIDER y CALENER. Anexos, 2009.



En el curso 2013-14, ha habido entre 595 y 1455 horas docentes por aulas, y para el curso 2012-13, fue entre 386 y 1448 horas, entre los meses desde Septiembre a Mayo, y principios de Junio, para exámenes.

El horario de la Universidad se estructura en dos cuatrimestres de 15 semanas, de entre 72 y 74 días docentes por cuatrimestre, es decir, 146 días aprox. por curso. Esta información se puede consultar en el *Calendario Académico* del curso 213-14 publicado en la [web de la Universidad de Alicante](#), por el *Servicio de Gestión Académica, de la Unidad de Normativa y Planificación*.

Si se relacionan los límites de horas docentes comprendidas de todas las aulas del edificio entre los días docentes en el curso académico, se concluye que el tipo de uso del edificio varía entre 9,92 y 4,08 horas, siendo el **promedio de 7 horas** diarias.

En cambio, el edificio estaría disponible un máximo de 2352 horas por curso, según los datos aportados por la Universidad. Eso significa, que relacionado con 146 días docentes por curso, el edificio se podría usar 16 horas al día, con lo cual, el aula más usada solo cubriría el 62% aprox. de la ocupación horaria máxima, y no se considera dato válido.

Los datos horarios por aulas y cursos académicos se adjuntan en el **ANEXO B.3.2 Estudio de la ocupación horaria de personas por espacios**. La información ha sido aportada por Miguel Ángel Lozano Ortega, Subdirector de Calidad, de la Unidad Técnica de Calidad de la Universidad de Alicante.

En definitiva, aunque el promedio de horas de uso de las aulas del edificio sea de 7 horas y máximo 13 horas diarias en algún aula, a efectos de seleccionar el tipo de uso predefinido en *LIDER* y *Calener Vyp*, se ha considerado que no se pueden despreciar las horas de la tarde entre las 14 y 17 horas, según el *tipo de uso de 12 horas* de *LIDER*, pues la carga térmica en esas horas y la radiación solar deben ser las más altas del día.

Con lo cual, se opte por cualquier tipo de uso, las cargas térmicas serán un tanto más sobredimensionadas que en la realidad. Por tanto, se ha considerado el tipo de uso horario de **16 horas**, para el cálculo general en este proyecto, en **aulas, laboratorios, talleres**. En cambio, para los **despachos y aseos** se ha seleccionado el de **8 horas**, *Intensidad media o baja* respectivamente.



### 6.2.3.2. INTENSIDAD DE USO

En cuanto a la **intensidad**, esta se refiere a *las cargas térmicas sensibles y latentes* por ocupación. Las *cargas térmicas sensibles* son las que varían la *temperatura del aire*, y las *cargas térmicas latentes* son las que varían *humedad absoluta* del ambiente, es decir, el contenido de agua en el aire; con lo cual, son imprescindibles para diseñar el sistema de acondicionamiento del aire interior de un edificio, teniendo en cuenta para ello las cargas en verano e invierno, dimensionando la instalación para la situación más desfavorable.

Para estimar las *cargas latentes y sensibles*, se considera que una persona con una *actividad de trabajo ligero sentada, en un centro docente*, desprende un *calor sensible* de 60 Kcal/h y un *calor latente* de 40 Kcal/h, para una temperatura ambiente de 24 °C.

El *Aula EP/0-18M* de planta baja, con más promedio de alumnos por las asignaturas que se cursan durante todo el curso académico, y superficie tipo grande, con un promedio de 44 alumnos y 141,07 m<sup>2</sup> de superficie útil; su carga térmica sensible por persona es:

$$Q_{Sp} = n \cdot C_{\text{sensible, persona}}; Q_S = (44 \cdot (60/0,86))/141,07 = 21,76 \text{ W/m}^2$$

El *Aula EP/0-27I* de informática de planta baja, con menor promedio de alumnos, y de superficie tipo pequeña, con 14 alumnos y 81,56 m<sup>2</sup> de superficie útil, tiene una *carga térmica sensible* por persona de **12 W/m<sup>2</sup>**.

La *intensidad* es alta claramente, porque las *cargas sensibles varían* entre 12 y 22 W/m<sup>2</sup>. Comparando la *carga sensible* de 10 W/m<sup>2</sup>, predefinida en *LIDER*, para **intensidad alta**, se duplica esta carga de cálculo; pero se ha considerado **intensidad media** en el cálculo de las *aulas*, para compensar de alguna forma el exceso de carga térmica que se genera por calcular con más horas semanales de lo real, es decir, con un uso horario de 16 horas, seleccionado por los motivos comentados anteriormente.

Para las *cargas sensibles* de los **despachos de los módulos**, se considera que habitualmente están 1,2 personas por despacho:

$$\text{Zona Oeste: } Q_{Sp} = n \cdot C_{\text{sensible, persona}}; Q_S = (1,2 \cdot 8 \cdot (60/0,86))/89,82 = 7,46 \text{ W/m}^2$$

$$\text{Zona Central: } Q_{Sp} = n \cdot C_{\text{sensible, persona}}; Q_S = (1,2 \cdot 14 \cdot (60/0,86))/159,55 = 7,35 \text{ W/m}^2$$

En este caso, la carga sensible está más cercana al valor de cálculo del programa para intensidad media, de  $6 \text{ W/m}^2$ . Por tanto, se confirma para los despachos de las plantas primera y segunda, una ***intensidad media de 8 horas***.

En cuanto a la ***zona de secretaría de los módulos***, se ha considerado ***intensidad media 16 horas***, porque hay diversas estancias que suelen estar más frecuentadas que los despachos.

Para los ***aseos*** de los módulos y plantas bajas, se ha seleccionado la opción ***intensidad baja 8 horas***, por ser la menor que ofrece el programa. Estos espacios son ***habitables no acondicionados***.

A diferencia de *LIDER* y *Calener Vyp*, en ***Calener GT*** se puede confeccionar un horario de uso específico, aunque ya vienen predefinidos varios horarios tipo que se pueden modificar para adaptarlos al uso del edificio.

#### 6.2.4. VEEI. EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN

Por ser edificio Terciario, para cada espacio se debe calcular la *eficiencia energética de las instalaciones de iluminación VEEI*.

Las *aulas* tienen **tubos fluorescentes T-8** de 36 W y 1,20 m de largo, agrupados de dos en dos y dispuestos en varias líneas de iluminación, separadas cada línea entre 1,20 y 1,80 m aprox.

Los *despachos, aula de arquitectura (pecera), secretarías y conserjería*, tienen **tubos fluorescentes T-8** de 18 W de 0,60 m de largo, con agrupación de cuatro tubos y separación similar a los anteriores.

Los *pasillos*, tanto exteriores de planta sótano y planta baja, como los que discurren por el interior del edificio, como en los módulos de planta primera y segunda, tienen **focos Downlight** de 26 W.

Los *aseos*, tienen **Halógenos** de 50 W.

Según el *DB-HE 3 del Código Técnico de la Edificación*, en el art. 2.1 indica que la eficiencia energética de una instalación de iluminación de una zona, se determinará mediante el *valor de eficiencia energética de la instalación VEEI (W/m²) por cada 100 lux* mediante la siguiente expresión:

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m}$$

Ecuación 1. VEEI

Siendo:

*P* la potencia de la lámpara más el equipo auxiliar [W]

*S* la superficie iluminada [m²]

*Em* la iluminancia media horizontal mantenida [lux]

Se ha calculado la **potencia** en W de cada unidad de luminaria más *la reactancia del balasto*. Para los tubos fluorescentes se ha establecido una potencia de la reactancia de balasto de 7 W por cada 36 W, que tiene una relación de un 19,44% con la potencia de la luminaria. Para los tubos fluorescentes de 18 W, un consumo adicional de 5 W, y para los halógenos de 50 W, 10 W más por unidad.

La **iluminancia media horizontal mantenida Em**, se ha medido con un **luxómetro** en lux, un día no lectivo, entre las 19:00 y 21:00 de la tarde, para que no se vea incrementada la iluminancia medida por el luxómetro, debido a la iluminación solar.

Se han realizado entre 12 y 62 tomas de medida en lux para las *aulas*, haciendo una cuadrícula de mediciones de 1,20 m aprox., justo debajo de las líneas de iluminación, y en las zonas intermedias y perimetrales del aula. Para el resto de zonas se ha sido suficiente realizando entre 3 y 12 mediciones.

Se han medido 12 espacios diferentes y se ha considerado que el resto de espacios, de dimensiones en superficie e instalación de iluminación idéntica o similar, tienen el mismo *valor promedio de iluminancia mantenida Em* medido. La relación entre espacios medidos y los espacios supuestos de valor *Em* idénticos, se indica en la siguiente tabla:

Tabla 3. Medición luxómetro. Relación entre espacios y similares en iluminancia media mantenida

ESPACIO MEDIDO	ESPACIO SIMILAR AL MEDIDO
EP/S-01D	EP/S-03D, EP/0-17D, EP/0-19D
EP/S-02M	EP/0-18M
EP/S-11P	EP/S-10P, EP/S-12M, EP/S-15M, EP/0-16M, EP/0-24P, EP/0-25M, EP/0-26M
EP/0-21E	EP/S-06D, EP/S-07D, EP/0-20D
EP/0-22M	EP/S-08M
EP/0-23G	EP/S-09G
EP/0-30I	EP/S-13I, EP/S-14I, EP/0-27I, EP/0-28I, EP/0-29I
Laboratorio invest. Aula Alan Turing	Laboratorio invest. Aula Niklaus Wirth, Sala de Reuniones Claude Shannon, Laboratorio Técnico y Laboratorio Investigación de Planta Baja, Sala de Reuniones
Aseos despachos módulos	Aseos módulos cabecera, Aseos Planta Sótano Laboratorios, Aseos y vestuario Planta Baja Conserjería
Despachos Zona Central P1, P2 Módulos 1,2,3	Despachos Zona Oeste P1, P2 Módulos 1,2,3
Despachos Secretaria P1, P2 Módulo 3	Despachos Secretaria, Laboratorios P1, P2 Módulos 1 y 2
Pasillo/Recepción Conserjería Planta Baja	Pasillos de las plantas primera y segunda de los Módulos 1,2,3 Pasillo laboratorios Planta Baja

Fuente: elaboración propia según mediciones y consideraciones para el cálculo del edificio

A efectos de cálculo de *LIDER*, los pasillos de los módulos superiores de planta primera y segunda, se han considerado *espacios no habitables*, por tanto, no se indica el *VEEI* para estos espacios en el programa, pero en cambio sirve para el cálculo de la potencia total instalada en iluminación del edificio, por eso también se incluye en el **ANEXO B.3.5. Cálculo de la eficiencia energética en iluminación VEEI**.

Por otro lado, el mismo *Artículo 2 del CTE-DB-HE 3 (16)*<sup>27</sup>, indica en una tabla el límite de *VEEI* según el uso del espacio. Para el edificio casi en su totalidad el límite es 3,5 *VEEI*, para zonas comunes como aseos y pasillos el *VEEI* es 4.

<sup>27</sup> Código Técnico de la Edificación. CTE-DB HE. Documento Básico de Ahorro de Energía, Noviembre 2013.

Tabla 4. Valores límite VEEI de eficiencia energética de la instalación de iluminación

Zonas de actividad diferenciada	VEEI límite
Aulas y laboratorios	3,5
Zonas comunes	4,0
Salones de actos, de usos múltiples, convenciones, reuniones, conferencias, ocio y espectáculo	8,0

Fuente: elaboración propia a partir de la Tabla 2.1 CTE-DB-HE3

El resultado calculado *no es positivo* en cuanto al cumplimiento de la actual normativa vigente del *Código Técnico de la Edificación*, pues el promedio *VEEI* del edificio es **4.48**; y los límites aplicables a los espacios del edificio son, para *aulas* *VEEI* 3.5, *VEEI* 4 para zonas comunes como los *aseos*, y *VEEI* 8 para el *Salón de Actos*.

Las *aulas*, son los espacios que obtienen mejor resultado de eficiencia energética en iluminación, pues el promedio *VEEI* es **4.05**, cercano al límite *VEEI* del CTE.

Las aulas *EP/S-08M*, *EP/S-09G*, *EP/S-13I*, *EP/0-22M*, *EP/0-23G*, cumplen con los límites establecidos en el CTE, de las cuales el resultado más favorable corresponde a las aulas *EP/S-08M* y *EP/0-22M* con valor *VEEI* **2.41**.

Una ventaja que tienen estas dos aulas, situadas en una sobre la otra en planta baja y sótano, es que apenas requieren iluminación artificial porque el sol refleja frontalmente en el muro del aula *EP/S-04E* de dibujo, durante la mañana y medio día, y por la tarde llega a entrar el sol desde el Oeste.

En cambio, hay aulas que tienen un *VEEI* muy elevado. El aula **EP/S-04E de dibujo arquitectónico**, de dos alturas tiene ***VEEI* 9.4 y 23,2 W/m<sup>2</sup>**. Es el aula con más potencia de iluminación instalada por superficie La *iluminancia medida*, a la altura de la superficie de las mesas, es entre 144-352 lux, con promedio de 250 lux aprox., que comparado a las demás aulas tiene una iluminancia media mantenida casi la mitad.

También el aula **EP/S-05D de arquitectura**, que es el aula más pequeña del edificio y tiene ***VEEI* 5**, con 18,29 W/m<sup>2</sup>. En el momento de medición había tubos fluorescentes fundidos, por eso el resultado de eficiencia en iluminación resulta más desfavorable.

Los *laboratorios* tienen mayor potencia de iluminación instalada por superficie, comparativamente con las aulas. El resultado de los *laboratorios de sótano Alan Turing y Claude Shannon* es *VEEI* 3,8 y 20,8 W/m<sup>2</sup>, y se ha observado en el *laboratorio de sótano Alan Turing*, un grupo de tubos fluorescentes que iluminan demasiado, para una potencia

de 36 W, registrándose hasta 732 lux justo debajo de la línea de luz a altura del espacio de trabajo, que es la mesa.

En cambio, los **laboratorios de planta baja** cumplen el *VEE* límite de *CTE*, pues el resultado es *VEE*/3,06.

Los **despachos** tienen un *VEE*/5,8 y 16,3 W/m<sup>2</sup> aprox. La *iluminancia media* medida es de 284,25 lux, cuyo resultado es el menor de todas las mediciones registradas con luxómetro. Por cada despacho hay dos grupos de tubos fluorescentes de 4 tubos de 60 cm de longitud de 18 W.

El inconveniente de los **despachos** en cuanto a iluminación, es que se requiere *iluminación artificial durante todo el día*, porque entre la mañana y medio día no entra suficiente luz natural para el trabajo. Se desprende un descontento generalizado por los profesores por este motivo.

Las **ventanas de los despachos**, tienen dimensiones de 0,35 x 1,05 m y se ubica en una esquina del despacho, en muro de fachada Sur. La luz solar entra directamente en los despachos, alrededor de 2 horas al día, pues la ventana tiene un retranqueo de 50 cm aprox. con la línea de fachada, que dificulta la entrada del sol.

Una posible explicación a esto es que las ventanas se encajan en el hueco restante de la estructura metálica de los módulos de planta primera y segunda, formada por perfiles metálicos, que cruzan en diagonal entre la cámara de aire de la fachada.

Por otro lado, si las ventanas fuesen más grandes, puede que haya molestias por exceso de radiación solar para los ocupantes de los despachos, y necesiten bajar permanentemente la **cortina interior**, pues la opción de disponer elementos que generen sombra por el exterior, rompería la composición arquitectónica del estilo del edificio.



Fotografía 1. Ventanas de los despachos. Fachada Sur Módulo 3

***El Taller de Arquitectura (pecera)*** es un aula totalmente acristalada y entraba luz natural en el momento de la medición. No se ha podido medir de noche. Para calcular el *VEE* se han descartado valores medidos muy elevados alrededor de 2300 lux, y se han considerado solo los recogidos entre 1100-1400 lux en las zonas más oscuras, pero para el cálculo se ha multiplicado el promedio por un coeficiente 0,4. El resultado es *VEE/4.11* y 20,60 W/m<sup>2</sup>, cuya potencia instalada por superficie es de las más elevadas del edificio.

En cambio el ***taller de maquetas*** tiene buen resultado *VEE/2.85*, teniendo dos tubos fluorescentes fundidos o desconectados.

Los ***aseos*** son los recintos que mayor *VEE* y potencia de iluminación instalada por superficie tienen, *VEE* entre 8-11.37 y 25,4 W/m<sup>2</sup>. Con lo cual casi se triplica el límite *VEE* del *CTE*, y la potencia instalada por superficie es de las más elevadas del edificio. Es decir, existe una mayor proporción de potencia instalada debido al tipo de luminaria (Halógenos), para la reducida iluminancia que generan en toda su superficie.

Se ha observado en el *aseo* de hombres de la zona de aulas de planta baja, que hay dos bombillas que iluminan demasiado, con un registro de 407 lux y otro de 364 lux, frente a una media de 220 lux aprox. en el resto del aseo.

También ha sucedido similar en el *aseo de la zona Oeste del módulo 3 de planta primera*, observándose una variación de 430 lux en un recinto de inodoro frente a 319 lux del otro recinto del mismo aseo.

Se podría pensar que los *halógenos* pierden eficiencia en iluminación con el tiempo, porque el recubrimiento de la bombilla se ensucia o se oscurece, y que los registros de mayor iluminancia, se debe a que las bombillas han sido cambiadas recientemente.



### 6.2.5. VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LÍMITES DE TRANSMITANCIA TÉRMICA DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

La normativa vigente hasta la ejecución de la Escuela Politécnica IV de la Universidad de Alicante fue la *Norma Básica de la Edificación NBE-CT-79 sobre Condiciones Térmicas de los Edificios*. (6)<sup>28</sup>

Posteriormente con la salida del **Código Técnico de la Edificación**, los límites de transmitancia térmica de la envolvente térmica son exigentes comparativamente a la normativa anterior. Recientemente en 2013 se actualizó de nuevo el *DB-HE1 Limitación de la Demanda Energética*, en cuya tabla 2.3 especifica nuevos límites de transmitancia térmica y permeabilidad, que son un poco más exigentes que el DB-HE1 modificado del año 2009, excepto en cubiertas y suelos en contacto con el aire, que es más permisiva que la anterior modificación.

Según la composición de los cerramientos del edificio, los muros de fachada y cubiertas, cumplen con todas las normativas hasta la actualidad. En cambio los suelos en contacto con espacios no acondicionados o en contacto con el aire exterior, no cumplen con ninguna normativa. En la *NBE-CT-79*, para la *zona climática W*, las exigencias en suelos eran poco restrictivas, en suelos en contacto con espacios no calefactados no había exigencia de límite de transmitancia térmica.

En este caso, los suelos que no cumplen son los suelos de planta primera, que quedan al exterior en los vuelos de los módulos, es decir sobre los despachos y aseos donde parte de la planta no está en contacto con otro espacio inferior. El suelo de los aseos de planta primera está completamente en contacto con el aire exterior.

Tampoco cumplen con la normativa, los cerramientos entre puertas y grupos de ventanas, pues sobre las puertas, entre el falso techo y el forjado hay una fábrica de ladrillo hueco de 7 cm; y entre ventanas se ha considerado un muro de hormigón armado, que descontando la superficie de las ventanas la superficie restante equivale al puente térmico de los pilares de hormigón armado que quedan vistos al exterior. Pues como LIDER solo permite seleccionar un tipo de puente térmico para pilares general para todo el edificio, se ha considerado más correcto considerar como muro, los pilares exteriores entre ventanas, para el cálculo de las demandas térmicas.

---

<sup>28</sup> Norma básica de edificación NBE-CT-79, sobre condiciones térmicas en los edificios, 1979.



Tampoco se cumple con los *muros interiores en contacto con espacios no calefactados*, como los muros exteriores de los **aseos**, y tampoco en **cuartos de instalaciones**, pues se considera se ha ejecutado una fábrica de ladrillo perforado de ½ pie en ambos casos, cada cerramiento con su revestimiento correspondiente.

En general, la superficie total de los cerramientos del edificio que no cumplen, no es representativa, con lo cuál, la transmitancia térmica media del edificio es más que **aceptable**. *LIDER* genera un documento con una lista de cerramientos que no cumplen con la transmitancia térmica y **riesgo a condensaciones superficiales**, que coincide la mayoría con los *cerramientos entre puertas y ventanas, muros exteriores de los aseos, y algunos pocos suelos*.

Tabla 5. Cumplimiento límites transmitancia térmica cerramientos según normativas DB-HE1, NBE-CT-79

Tipo de cerramiento	Código nombre cerramiento	Transmitancia Térmica (W/m²K)	Límites Transmitancia Térmica Normativa		
			DB-HE1 2013	DB-HE1 2009	NBE-CT-79
Muro en contacto con terreno	Muro_cont_HA-LH7-PEHD	1,42	1,00	1,07	-
Muro fachada	Muro_cont_HA-LH7	1,45	1,00	1,07	1,80
Muro fachada	Muro_PS-PB_LH9-EPS5-LH7	0,46	1,00	1,07	1,80
Muro exterior	Muro_ext_aseos	2,20	1,00	1,07	1,80
Muro exterior	Muro_ext_pasillo_aulas	0,43	1,00	1,07	1,80
Muro exterior	Muro_cortina	0,67	1,00	1,07	2,00
Muro exterior	Muro_sobre_puerta	2,59	1,00	1,07	1,80
Muro exterior	Muro_pilarentreventanas	2,91	1,00	1,07	1,80
Cubierta en contacto con el aire	Suelo_Pasarela	2,37 <sup>(1)</sup>	0,65	0,59	1,40
Cubierta en contacto con el aire	Cubierta_notransitable_grava	0,46	0,65	0,59	1,40
Muro con espacio no habitable	Muros_pasillos_modulos	1,02	1,00	1,07	1,80
Muro con espacio no calefactado	Muro_aseo-aula	0,46	1,00	1,07	2,00
Muro con espacio no calefactado	Muro_divisiones_LP12	2,23	1,00	1,07	2,00
Muro con espacio no calefactado	Muro_aseo-despachos	1,19	1,10	1,07	2,00
Suelo en contacto con terreno	Suelo_Sotano	2,43	1,00	1,07	1,80
Suelo en contacto con terreno	Suelo_Pecera	2,57	1,00	1,07	1,80
Suelo en contacto con terreno	Suelo_aseo_sotano	2,44	1,00	1,07	1,80
Suelo con espacio no calefactado	Suelo_PB_P1_P2	2,15	1,10	0,68	-
Suelo en contacto con aire exterior	Suelo_PB_P1_P2	2,15 <sup>(2)</sup>	0,65	0,68	1,00
Suelo en contacto con aire exterior	Suelo_aseo_PB_P1_P2	2,20	0,65	0,68	1,00

Fuente: elaboración propia según transmitancia térmica de los cerramientos simulados

(1) No se ha podido verificar si bajo la pasarela de acceso del edificio de hormigón armado, si dispone de *aislamiento térmico*, en el *taller de arquitectura y salón de actos de planta sótano*. Se considera que no dispone, como caso más desfavorable.

(2) A través del *falso techo de chapa metálica perforada* existente bajo la parte de los suelos de los módulos que vuelan, no se ha apreciado ningún tipo de *aislamiento térmico*, se observan conductos de instalaciones.

### 6.3. ESTUDIO GENERAL DE LA DEMANDA TÉRMICA DEL EDIFICIO

Para el estudio de la **demanda energética del edificio** se utilizan los programas *LIDER* y *Calener VyP*, como se viene describiendo en la introducción del capítulo. Para ello se extraen sus diferentes resultados detallados de cálculo de la demanda energética en calefacción y refrigeración.

El resultado de cálculo que muestra *LIDER*, es el cumplimiento del edificio con las **limitaciones de demanda energética**, impuestas por el *Código Técnico de la Edificación DB-HE 1 (4)*<sup>29</sup>, cuyo cumplimiento se determina relacionando los resultados de cálculo entre el *edificio Objeto*, que es el definido en el programa, y el *edificio de Referencia*, que es el mismo modelo del edificio que viene definido por el programa con los requisitos mínimos de las limitaciones de demanda energética.

Los resultados de *LIDER*, también muestran la relación respecto a la calefacción y refrigeración del edificio, simplificados en una gráfica, cuyo dato de % de la demanda de Referencia, es la relación entre los kWh/m<sup>2</sup> anuales de cálculo del edificio Objeto con el edificio de Referencia. Adicionalmente en los resultados también se muestra la relación por cada espacio en unas tablas, que son de escasa utilidad porque son meramente informativas.

En este caso, para el **estudio de las demandas térmicas**, se muestran los resultados finales generados por el cálculo del programa, y se haya manualmente la **calificación energética** correspondiente en cuanto a **demandas térmicas** del edificio, mediante la relación de las demandas en calefacción y refrigeración, del edificio Objeto con el edificio de Referencia, *para cada espacio y edificio completo, mensual y anual*.

También, para un estudio individualizado por espacio del edificio, se muestran las demandas en calefacción y refrigeración de todos los espacios del edificio, generadas debido a las *paredes exteriores, cubiertas, suelos, puentes térmicos, radiación solar a través de ventanas, transmisión térmica por ventanas, fuentes internas e infiltraciones*.

Para ello, se utilizan los **resultados de demandas en calefacción y refrigeración**, de los *ficheros de resultados \*.res* generados por el programa durante el cálculo, tanto del *Edificio Objeto* como el de *Referencia*, los cuales se editan y transforman en tablas con *Microsoft Excel*, y se establece una calificación energética de la demanda térmica,

---

<sup>29</sup> Código Técnico de la Edificación. CTE-DB HE. Documento Básico de Ahorro de Energía, Noviembre 2013.

dependiendo del valor resultante de la relación entre ambos, en qué rango de la escala se encuentre, según establece el Ministerio, en el *Anexo VI* del documento [\*Escala de calificación energética. Edificios existentes\*](#). (19 pág. 116)<sup>30</sup>

Los programas *LIDER* y *Calener VyP*, durante el cálculo, crean archivos con extensión **\*O.res** y **\*R.res**, en la carpeta Resultados del Directorio de instalación del programa, y por otro lado también crea archivos de texto binario con extensión **\*RRCC.bin**.

El fichero **\*O.res** corresponde a los resultados de cálculo de las demandas en calefacción y refrigeración del *edificio Objeto*, y el fichero **\*R.res**, para el *edificio de Referencia*.

El fichero **\*RRCC.bin** pertenece al edificio de Referencia, en cambio se observa que el fichero para el *edificio Objeto*, con extensión **\*ORCC.bin**, *no lo genera LIDER*, por tanto, se requiere hacer el mismo cálculo en **Calener VyP** para generar ambos ficheros binarios, de las dos partes del edificio en las que se ha tenido que dividir para su cálculo.

Al finalizar el cálculo en *Calener VyP*, además se obtiene documentación con la *escala de eficiencia energética*, para la demanda de calefacción, refrigeración y **emisiones en iluminación**. En este caso, al no definir equipos o sistemas de climatización en *Calener VyP*, la calificación final viene determinada por la **iluminación**, pues es lo único que genera CO<sub>2</sub> a la atmósfera, debido al consumo eléctrico. Su utilidad es la comparación del consumo de energía primaria obtenida en iluminación entre *Calener VyP* y *Calener GT*.

Los **ficheros binarios** temporales, se le dan uso para generar **gráficas** interactivas, para mostrar los mismos datos de *demandas en calefacción, refrigeración y cargas punta*, generados en los ficheros de resultados, mostrándose los resultados para cada espacio acondicionado del edificio, durante todos los meses y año, e incluso los resultados globales por plantas. Para ello se puede usar la aplicación de [\*Resultados avanzados en LIDER y Calener VYP\*](#). (20)<sup>31</sup>

Para más detalle de los resultados de la demanda térmica de LIDER-Calener VyP por espacios, consultar el **ANEXO C. Resultados de cálculo de las Demandas térmicas y su calificación**.

---

<sup>30</sup> Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Escala de calificación energética para edificios existentes, 2011.

<sup>31</sup> Aurea Consulting. Lector de resultados avanzados de LIDER y Calener VyP.

### 6.3.1. RESULTADOS DE LA LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA EN LIDER

Según los resultados de cálculo de *planta baja y sótano y también para las plantas primera y segunda*, las demandas en calefacción y refrigeración **cumplen**, porque no se superan los límites de las demandas establecidos para el *edificio de Referencia* de cálculo.

En cambio, el edificio **no cumple** con los valores mínimos de transmitancia térmica de algunos tipos de cerramientos, así como **riesgo de condensaciones superficiales**, que vienen determinados por la zona climática, según el CTE DB-HE 1.

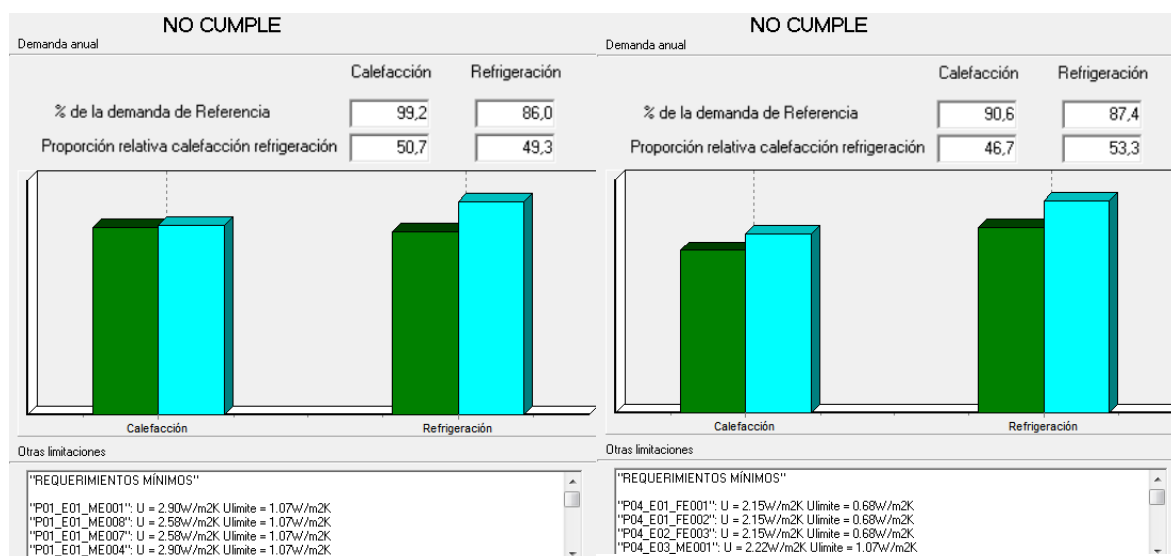


Figura 7. Resultado cálculo cumplimiento demanda energética CTE DB HE-1. Planta Sótano y Baja

Figura 8. Resultado cálculo cumplimiento demanda energética CTE DB HE-1. Planta Primera y Segunda

Para obtener el resultado final de la limitación de la demanda energética del edificio completo, se calcula el promedio de las dos partes en las que se ha dividido el proyecto para su cálculo, mediante la aplicación **Promediar**, situada en el directorio del programa, que genera un documento que indica **"El edificio CUMPLE con la demanda"**, pero no con todos los requisitos del *CTE-DB-HE0*. (16)<sup>32</sup>

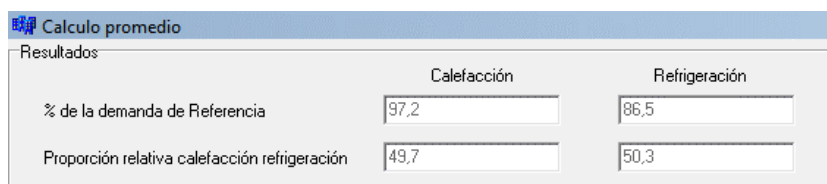


Figura 9. Cálculo promedio de Limitación de Demanda Energética del edificio

<sup>32</sup> Código Técnico de la Edificación. CTE-DB HE. Documento Básico de Ahorro de Energía, Noviembre 2013.

### 6.3.2. DEMANDAS TÉRMICAS MENSUALES

A continuación se muestran unas tablas y gráficas resumen de las demandas de calefacción y refrigeración mensuales, para Planta Sótano y Planta Baja, Planta Primera con Segunda, y el resultado final promedio del edificio.

En los ficheros de resultados ocultos de cálculo de *LIDER* y *Calener VyP* existen tablas de resultados de cálculo totales de las demandas térmicas mensuales, como la que se muestra a continuación; y por otro lado, en el mismo fichero, hay un desglose minucioso de demandas térmicas mensuales por cada espacio del edificio, que se adjunta en el **ANEXO C.2. Demandas Térmicas y cargas punta**.

Se halla el promedio de demandas térmicas mensuales de todas las aulas del edificio y se compara entre los resultados mensuales de la tabla general de resultados de cálculo, existiendo una variación de 6-7%.

La primera gráfica muestra el promedio de todas las aulas, y la segunda gráfica muestra las demandas térmicas generales de la siguiente tabla. El **promedio** calculado es *más desfavorable*, porque las demandas térmicas son un poco más elevadas, por lo que se considera más adecuado como resultado final.

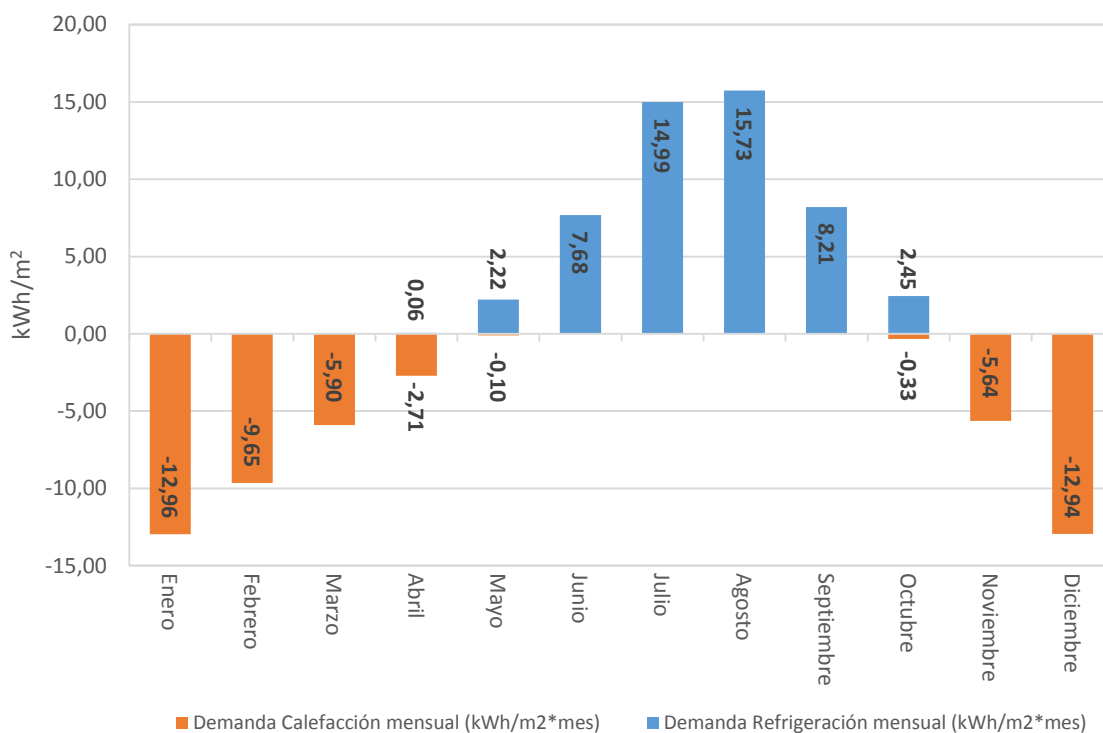
Tabla 6. Resumen Demandas calefacción y refrigeración por meses y año (kWh/m<sup>2</sup>·mes)

Demandas (kWh/m <sup>2</sup> ·mes)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
<b>DEMANDAS CALEFACCIÓN</b>													
PSótano+PBaja	-14,70	-11,11	-6,90	-3,37	-0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,50	-6,66	-14,86	-58,24
P1+P2	-9,51	-6,78	-4,03	-1,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-3,71	-9,13	-34,69
Edificio	-12,10	-8,94	-5,46	-2,46	-0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,25	-5,19	-11,99	-46,47
<b>DEMANDAS REFRIGERACIÓN</b>													
PSótano+PBaja	0,00	0,00	0,00	0,09	2,38	8,50	16,55	17,38	9,03	2,77	0,00	0,00	56,72
P1+P2	0,00	0,00	0,00	0,00	1,89	5,78	11,48	12,07	6,39	1,80	0,00	0,00	39,41
Edificio	0,00	0,00	0,00	0,05	2,14	7,14	14,02	14,72	7,71	2,28	0,00	0,00	48,06

Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de *LIDER-Calener VyP*

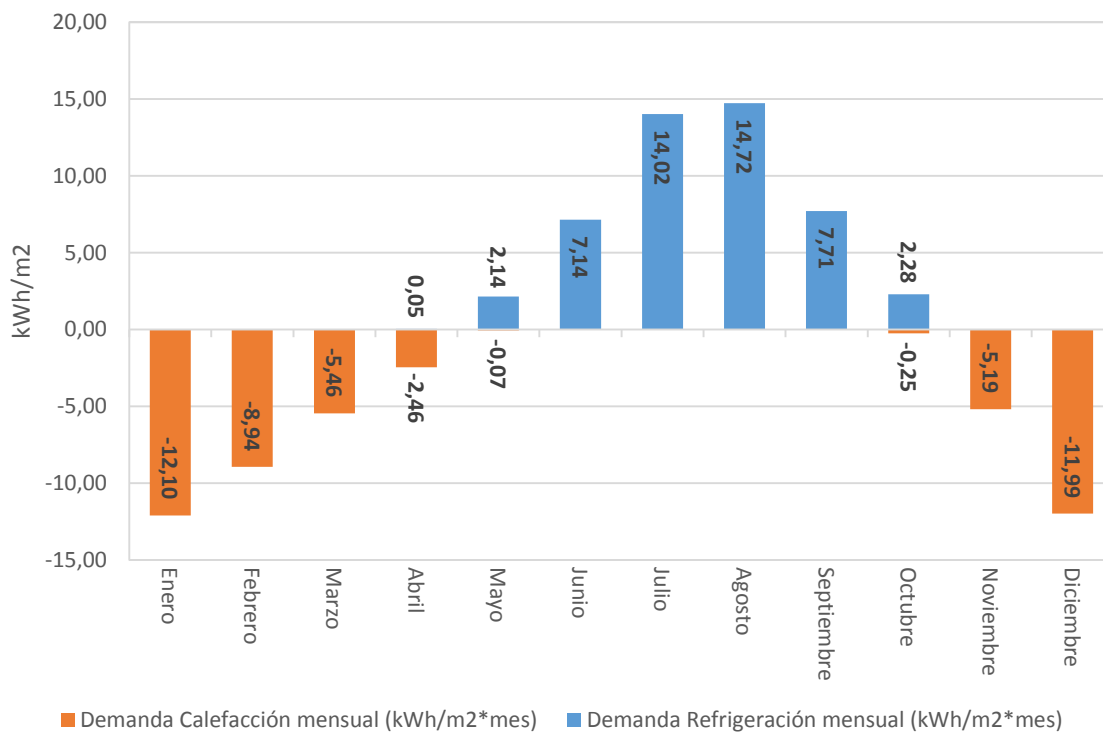
6. ESTUDIO ENERGÉTICO DE LA ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR IV UNIVERSIDAD DE ALICANTE

Gráfica 6. Demandas térmicas mensuales promedio de los espacios del edificio (kWh/m<sup>2</sup>\*mes)



Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de LIDER-Calener VyP

Gráfica 7. Demandas térmicas mensuales generales del edificio (kWh/m<sup>2</sup>\*mes)



Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de LIDER-Calener VyP

Según el cálculo, se observa que hay una mínima demanda entre los *meses de cambio estacional, de período de invierno y verano*; es decir, en Abril se registra la primera demanda de refrigeración del año, en Mayo se registra un mínimo de demanda de calefacción, y en Octubre sigue habiendo demanda de refrigeración y comienza de nuevo la demanda de calefacción, con un mínimo similar a Mayo.

En este caso, es cierto que hasta finales de Octubre no empieza a hacer frío. En Abril no suele conectarse la calefacción porque la temperatura ambiente es ideal, y también hay menos demanda térmica, porque coincide ese mes con fiestas de Semana Santa, Pascua y ciertos días festivos de Alicante y San Vicente del Raspeig, con lo cual la demanda térmica de Abril podría obviarse en el cálculo en *Calener GT*.

Por otro lado, la mayor demanda de refrigeración se produce en Agosto, pero en este caso el edificio está cerrado, por tanto, la instalación de climatización está deshabilitada en Agosto, y sólo podrían acceder los profesores o investigadores a sus despachos.

Los resultados de cálculo se muestran coherentes en proporción con las demandas reales del edificio, aunque se encuentran algunas discrepancias entre las demandas totales entre aulas y despachos, debido a las limitaciones de cálculo de *LIDER-Calener VyP* y los *horarios de uso e intensidad predefinidos*, que son muy diferentes a la realidad.

Por tanto, los resultados se toman como **indicadores del comportamiento energético del edificio**, analizando la proporción de demandas térmicas de los espacios, sin tener en excesiva cuenta sus resultados totales, medidos en kWh/m<sup>2</sup>, porque los resultados de cálculo más fiables y ajustados al uso actual del edificio se calculan mediante *Calener GT*.

Por lo tanto, posteriormente se volverá a calcular, mediante ***Calener GT***, las *demandas térmicas, consumos eléctricos y emisiones de CO<sub>2</sub>*, detalladamente con horarios de uso de todas las instalaciones del edificio, lo más ajustados posible al uso actual del edificio, según el curso 2013/2014; y será finalmente el modelo definitivo para el análisis de la propuesta de mejora de la instalación de climatización mediante *bombas de calor geotérmicas*.

Sin embargo, a continuación se muestran el resumen de cálculos de demandas térmicas anuales más detalladas, y su calificación energética según *LIDER-Calener VyP*.



### 6.3.3. DEMANDAS TÉRMICAS Y CARGAS PUNTA ANUALES

Según los resultados de cálculo en *LIDER* y *Calener VyP*, el edificio tiene una **demanda térmica total de climatización** de 667.721,67 kWh/año y un promedio de demanda térmica por superficie de 50,17 kWh/m<sup>2</sup>·año.

La *distribución de demandas térmicas de climatización* en el edificio, son alrededor de 40% en planta sótano, 33-34% en planta baja, 12-14% en planta primera y segunda; resultando una demanda de calefacción y refrigeración entre un 75-72% del edificio, correspondiente a *las plantas sótano y baja*, y el 25-28% de las demandas térmicas en las *plantas primera y segunda de los módulos*.

En *planta baja y sótano*, la **demanda de calefacción** es superior a la demanda de refrigeración aprox. 3%, en cambio, en *planta primera y sótano*, la **demanda de refrigeración** es superior a la demanda de calefacción casi 12%. La *planta segunda* de los módulos, registra la mayor diferencia entre demandas de calefacción y refrigeración de casi 14%.

Tabla 7. Resumen Demandas y cargas puntas de calefacción y refrigeración por plantas y edificio

Demandas térmicas y Cargas punta	Superficie	Volumen	Demanda Anual (kWh/año)		Demanda Anual (kWh/m <sup>2</sup> ·año)		Carga Punta Anual (W)		Carga Punta Anual (W/m <sup>2</sup> )	
			Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.
Nombre	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>								
Planta Sótano	2.381,74	8.550,72	-134.371,86	131.606,64	-56,42	55,26	-425.270	222.860	-178,55	93,57
Planta Baja	1.890,91	6.372,36	-114.717,91	110.559,87	-60,67	58,47	-361.420	184.340	-191,14	97,49
Planta Primera	1.190,65	3.357,63	-41.564,54	46.218,38	-34,91	38,82	-190.290	101.690	-159,82	85,41
Planta Segunda	1.190,65	3.488,60	-41.054,01	47.628,46	-34,48	40,00	-192.110	100.900	-161,35	84,74
PS+PB	4.272,65	14.923,08	-249.089,77	242.166,51	-58,30	56,68	-786.690	407.200	-184,12	95,30
P1+P2	2.381,30	6.846,23	-82.618,55	93.846,84	-34,69	39,41	-382.400	202.590	-160,58	85,08
Edificio	6.653,95	21.769,31	-331.708,32	336.013,35	-49,85	50,50	-1.169.090	609.790	-175,70	91,64
Demanda anual Climatización			667.721,67		50,17					

Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de *LIDER-Calener VyP*

Tabla 8. Relación % Demandas y Cargas punta del edificio

Relación % Demandas y Cargas puntas	Edificio	% Demanda Anual (kWh/año)		% Carga Punta Anual (W)		Demanda Climatización	Carga Punta Climatización
		Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.		
Nombre	m <sup>2</sup>					Calef-Ref/Ref %	Calef-Ref/Ref %
Planta Sótano	2.381,74	40,51%	39,17%	36,38%	36,55%	2,10%	90,82%
Planta Baja	1.890,91	34,58%	32,90%	30,91%	30,23%	3,76%	96,06%
Planta Primera	1.190,65	12,53%	13,75%	16,28%	16,68%	-10,07%	87,13%
Planta Segunda	1.190,65	12,38%	14,17%	16,43%	16,55%	-13,80%	90,40%
Total PS-PB	4.272,65	75,09%	72,07%	67,29%	66,78%	2,86%	93,19%
Total P1-P2	2.381,30	24,91%	27,93%	32,71%	33,22%	-11,96%	88,76%
Edificio	6.653,95	100%	100%	100%	100%	-1,28%	91,72%

Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de *LIDER-Calener VyP*

Por otro lado, el edificio tiene una **carga punta** en calefacción, de 1.169,09 kW, un 91,72% mayor que la carga punta de refrigeración, de 609.790 kW.



En el edificio, en general, las **cargas punta de calefacción** son un 91,72% mayores que en **refrigeración**. La diferencia porcentual de cargas térmicas de calefacción respecto a refrigeración, entre un 93% y 89% para *plantas sótano y baja*, y *plantas primera y segunda*, respectivamente. La *planta Baja* registra la mayor diferencia de 96% en cargas punta.

En planta baja y sótano los meses con mayor **carga punta en calefacción** por orden descendente son Febrero, Diciembre, Enero, Noviembre, Marzo, Abril, Octubre; y en **refrigeración**, son Agosto, Julio, Septiembre, Junio, Mayo.

En planta primera y segunda, las cargas puntas coinciden en el mismo orden, aunque la carga máxima punta en refrigeración se registra en Julio, un poco más que en Agosto.

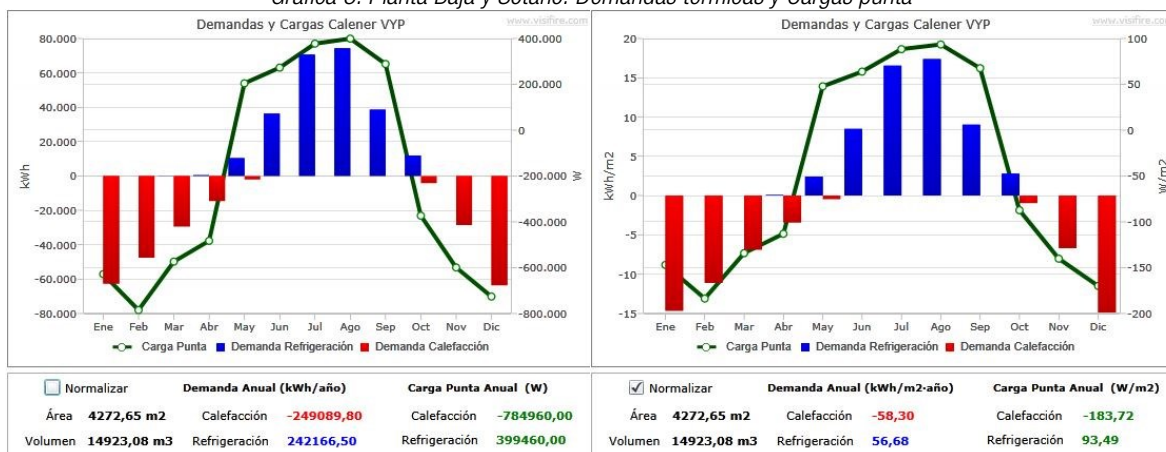
En realidad las cargas puntas, no son en Agosto porque el edificio está cerrado. En Diciembre la carga térmica realmente sería menor por días festivos de Navidad. En Enero también porque no hay clases hasta principios de Febrero, aunque puntualmente sólo se ocupan algunas aulas para realizar los exámenes de primer cuatrimestre.

*LIDER* y *Calener VyP*, calcula con la misma *carga sensible y latente* para todo el edificio en todo el número de horas, según el *tipo de uso e intensidad* seleccionados y predefinidos en el programa. En la realidad las *demandas térmicas* varían según la ocupación de las aulas, tanto por personas como horas del día, horas de iluminación artificial, uso de equipos que producen calor y grado de abertura de las protecciones solares.

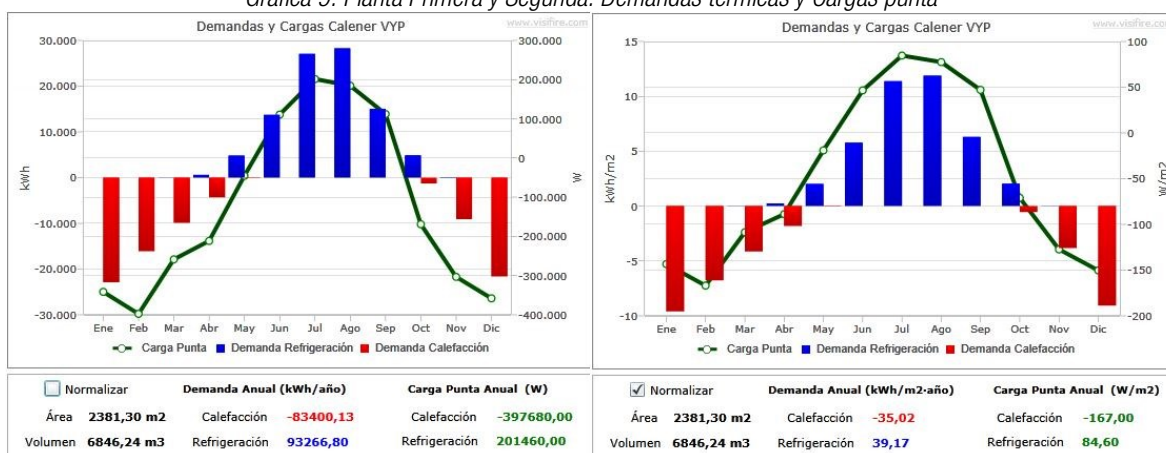
En *Calener GT* se puede afinar mucho en ese aspecto, aunque por otro lado en comparación con *LIDER-Calener VyP*, las demandas térmicas son mucho más elevadas, y en cambio, su calificación por demandas térmicas mejora sustancialmente debido al horario de uso del edificio, como se podrá comprobar en el siguiente capítulo de cálculo en *Calener GT*.

## 6. ESTUDIO ENERGÉTICO DE LA ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR IV UNIVERSIDAD DE ALICANTE

Gráfica 8. Planta Baja y Sótano. Demandas térmicas y Cargas punta



Gráfica 9. Planta Primera y Segunda. Demandas térmicas y Cargas punta



Fuente: gráficas extraídas mediante el visor de resultados de cálculo de Aurea Consulting

Las gráficas muestran las demandas térmicas y cargas punta totales promedio anuales de las dos particiones de cálculo del edificio, agrupando espacios de planta sótano y planta baja por un lado, y despachos de los módulos de planta primera y segunda por otro lado, medidas tanto en kWh/año según la gráfica izquierda; como en kWh/m<sup>2</sup>\*año, según la gráfica derecha.

Mediante las gráficas se ve mucho más evidente la diferencia de la demanda térmica en refrigeración entre los módulos de planta primera y segunda y el resto del edificio, pues su demanda de refrigeración es superior a la de calefacción; aunque por otro lado, la carga punta de calefacción duplica a la carga punta de refrigeración, al igual que sucede en las plantas inferiores.

Para más detalle se puede consultar las gráficas de demandas térmicas por espacio en el ANEXO C.4.

### 6.3.4. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS

En el **ANEXO C.1** Calificación energética de las Demandas Térmicas, se muestran las demandas térmicas y su correspondiente calificación energética, detallados para cada espacio habitable del edificio. A continuación se muestra una tabla resumen de resultados.

Tabla 9. Calificación energética de las demandas calefacción y refrigeración por plantas y edificio

Calificación energética Demandas térmicas	Superficie	Edificio Objeto		Edificio Referencia		Objeto/Referencia		Calificación energética	
		Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.
Espacio	m <sup>2</sup>								
Planta Sótano	2.381,74	-55,47	55,34	-62,49	63,23	0,89	0,88	C	C
Planta Baja	1.890,91	-58,48	59,93	-52,26	67,71	1,12	0,89	D	C
Planta Primera	1.190,65	-35,70	36,95	-38,97	40,21	0,92	0,92	C	C
Planta Segunda	1.190,65	-35,12	38,18	-39,86	43,95	0,88	0,87	C	C
Total PS-PB	4.272,65	-58,24	56,72	-58,70	65,96	0,99	0,86	C	C
Total P1-P2	2.381,30	-34,69	39,41	-38,15	45,12	0,91	0,87	C	C
Promedio Edificio	6.653,95	-46,47	48,06	-48,43	55,54	0,96	0,87	C	C

Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de LIDER-Calener Vyp

El límite para el cumplimiento de la limitación de la demanda energética impuesta por el *Código Técnico de la Edificación DB-HE 1*, se establece en una **relación de 1**, entre el edificio Objeto y el *edificio de Referencia* de cálculo.

Según los resultados de cálculo, la relación entre el *edificio Objeto* y el *edificio de Referencia* es 95,96% en calefacción y 86,54% en refrigeración. Diferencia en calificación de 9,42%, pero diferencia en demandas térmicas de 0,64%, en plantas primera y segunda la diferencia es mayor de 6,36% siendo la refrigeración de mayor demanda que la calefacción, en las planta sótano y planta baja la diferencia es menor de 1,41%, siendo en este caso la demanda de calefacción superior a la de refrigeración. En general las demandas totales son ligeramente mayores en refrigeración diferencia de 0,64%.

Se observa que la demanda térmica por superficie es menor en plantas superiores de los módulos, que en plantas inferiores. La demanda en calefacción suele ser aprox. la mitad en despachos comparado con las aulas de mayor demanda de calefacción de planta baja; en cambio en refrigeración, las zonas de despachos de secretaría tienen una elevada demanda de refrigeración que supera la media de demanda en refrigeración de las plantas inferiores.

En general se observa en el edificio, que la variación de la demanda de calefacción es muy sensible por cualquier variable de cálculo, en comparación a la demanda refrigeración, que apenas varía. La mayoría de aulas tiene una demanda de calefacción superior a la de refrigeración. Por otro lado, las cargas punta de calefacción duplican y

hasta triplican en algunas aulas la carga punta de refrigeración. Este fenómeno se cree se debe fundamentalmente al coeficiente de forma del edificio, a la zona climática y a la renovación de aire interior.

### 6.3.5. RESULTADOS DE CÁLCULO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN CALENER VYP

Se ha calculado el fichero .cte de *LIDER* en *Calener VyP*, sin introducir máquinas de climatización ni de agua caliente sanitaria, porque el sistema de climatización del edificio no se puede introducir en las opciones que ofrece el programa para *Equipos*.

De los resultados obtenidos, se vuelve a confirmar la demanda térmica en kWh/m<sup>2</sup>; sin embargo, el valor de kWh/año no coincide, pues existe una variación del 13% aprox., por tanto, se desestiman estos últimos valores, porque tanto *LIDER* como *Calener VyP* realizan un idéntico cálculo de demandas térmicas, tal como se comprueba en sus ficheros de resultados.

El gráfico de la escala de calificación energética queda marcado por la **calificación energética en iluminación**, tanto por *emisiones de CO<sub>2</sub> emitidas y consumo de energía primaria*, que en este caso, obtiene una **calificación energética D** por emisiones de CO<sub>2</sub> en *iluminación*, de 31,6 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> y 247.802,70 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>, debido a un *consumo de energía primaria* total de 193,95 kWh/m<sup>2</sup> y 1.483.755,70 kWh/año.

Así mismo se ha calculado el **promedio** de *emisiones y consumo de energía primaria* para el edificio completo en la siguiente tabla, confeccionada con los datos extraídos de los dos documentos de cálculo generados por *Calener VyP*.

Tabla 10. Resumen resultados calificación energética en Calener VyP

Demandas calefacción-refrigeración		Clase	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Plantas P1-P2	Demanda calefacción	C	34,7	94.990,9
	Demanda refrigeración	C	39,4	107.892,2
Plantas PS-PB	Demanda calefacción	C	58,3	263.529,6
	Demanda refrigeración	C	56,7	256.205,1
Emisiones CO2		Clase	kgCO2/m <sup>2</sup>	kgCO2/año
Plantas P1-P2	Emisiones CO2 iluminación	D	21,0	57.496,1
Plantas PS-PB	Emisiones CO2 iluminación	D	42,1	190.306,6
<b>Emisiones CO2 totales</b>		<b>D</b>	<b>31,6</b>	<b>247.802,70</b>
Consumo energía primaria		Clase	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Plantas P1-P2	Consumo energía primaria iluminación	D	151,3	414.337,2
Plantas PS-PB	Consumo energía primaria iluminación	D	236,6	1.069.418,5
<b>Consumo energía primaria totales</b>		<b>D</b>	<b>193,95</b>	<b>1.483.755,70</b>

Aunque no se computa el VEEI para espacios No habitables, se tiene en cuenta para el cálculo estimado de iluminación. Consultar el ANEXO B.3.5 y ANEXO F.1.

## 6.4. ESTUDIO ESPECÍFICO DE LA DEMANDA TÉRMICA POR TIPOS DE AULAS

Se hace un estudio comparativo objetivo de los resultados obtenidos a través del cálculo de la *limitación de la demanda energética* mediante *LIDER* y *Calener VyP*, en cuanto se refiere a la transmisión térmica energética generada a través de *paredes exteriores, cubiertas, suelos, transmitancia térmica y radiación solar por ventanas, puentes térmicos, infiltraciones de aire exterior, y fuentes internas* debido a la producción energética por las personas que habitan los espacios, la potencia de la iluminación instalada y equipos que pueda haber.

Para ello se ha realizado un estudio individualizado para cada tipo de aula, seleccionando para ello las aulas o espacios del edificio, con el criterio de que se diferencien en cuanto al resultado de la calificación energética de la demanda en calefacción y refrigeración, además de que las diferencias sean la ubicación por planta, la orientación, la superficie útil, la composición de sus cerramientos, particiones interiores, ventanas o elementos que generen sombra.

Por lo general, se ha comparado el mismo tipo de aula situado en su planta superior, es decir, aulas de planta sótano con planta baja y espacios de planta primera y segunda, siendo comparables por su misma *superficie útil o volumen de aire interior, superficie acristalada y orientación*.

En concreto se han seleccionado 15 tipos de espacios para el análisis comparativo de su comportamiento térmico. Se omiten el resto de espacios porque los resultados son muy similares entre estos o no tienen relevancia para su análisis.

### 6.4.1. ESTUDIO ENERGÉTICO DE AULAS DE PLANTA BAJA Y SÓTANO

A continuación se hace un estudio simultáneo y comparativo entre aulas idénticas o muy similares situadas una sobre la otra, entre la planta sótano y planta baja.

Inicialmente para cada estudio específico se muestra una tabla resumen de cálculo de *LIDER*, de las demandas térmicas por la envolvente térmica y su calificación; así como el plano simplificado de espacios de *LIDER* de planta sótano, para identificar la ubicación de las aulas en el edificio, en color negro y con orientación Norte. Los planos que aparecen en color rojo pertenecen a la planta baja.

El plano de situación es de elaboración propia, es el trazado en *AutoCAD* para generar las superficies simplificadas de los espacios para *LIDER*.

#### 6.4.1.1. PLANTA SÓTANO Y BAJA. AULAS EP/S-01D Y EP/0-17D. ZONA NORTE

Tabla 11. *LIDER*. Resumen demandas térmicas y calificación. Aulas EP/S-01D y EP/0-17D

Espacio	Paredes Ext.	Cubiertas	Suelos	Puentes Térmicos	Solar Ventanas	Transmisión Ventanas	Fuentes Internas	Infiltración	Total kW/m <sup>2</sup>	Superf. (m <sup>2</sup> )	Coef O/R	Calif.
<b>CALEFACCIÓN</b>												
EP/S-01D	-10,44	0,00	-2,38	-6,10	7,87	-12,62	49,07	-89,52	<b>-64,32</b>	141,07	<b>0,90</b>	<b>C</b>
EP/0-17D	-11,27	-7,54	0,00	-9,07	9,16	-15,43	50,94	-77,75	<b>-61,19</b>	141,07	<b>1,07</b>	<b>D</b>
<b>REFRIGERACIÓN</b>												
EP/S-01D	2,56	0,00	-4,30	0,95	10,87	2,02	40,57	-2,92	<b>50,00</b>	141,07	<b>0,77</b>	<b>C</b>
EP/0-17D	1,12	3,78	0,00	0,67	13,10	0,61	45,05	-8,90	<b>55,70</b>	141,07	<b>0,79</b>	<b>C</b>

Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de *LIDER*

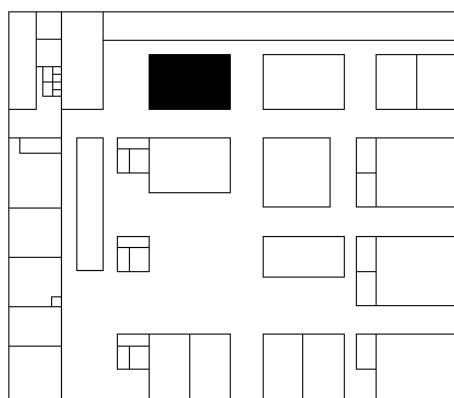


Figura 10. Plano de situación aulas EP/S-01D y EP/0-17D

El **aula EP/S-01D** tiene **calificación C**, tanto para calefacción como para refrigeración. Su **demanda en calefacción**, resulta entre el valor de la media de las aulas de la zona norte y central del edificio, su **demanda en refrigeración** es más favorable que la media de aulas de planta sótano.

En cambio, el **aula EP/0-17D** tiene una **calificación D** en la demanda en calefacción, con una diferencia de 17% considerable, pero con demanda ligeramente inferior al **aula EP/S-01D** de planta sótano, con una diferencia de 3,12 kWh/m<sup>2</sup>·año aprox.



El **aula EP/0-17D** de planta baja tiene la misma calificación C en refrigeración, con diferencia de 2%, pero requiere una mayor demanda de refrigeración, con una diferencia de 5,7 kWh/m<sup>2</sup>·año, respecto del **aula EP/S-01D** de planta sótano.

Se puede destacar que las **infiltraciones de aire exterior** generan importantes pérdidas térmicas en cuanto a la **demandas de calefacción** en ambas aulas.

En el **aula EP/S-01D** de planta sótano, las **demandas de calefacción** por **infiltraciones de aire** son de 89,52 kWh/m<sup>2</sup>·año, valor 8% superior a la media de aulas de planta sótano. En cambio, las **infiltraciones de aire** no resultan favorables, pues reducen la **demandas de refrigeración** en 2,93 kWh/m<sup>2</sup>·año, valor 64% inferior a la media de la planta sótano.

También se observa que en el **aula EP/0-17D** de planta baja hay muchas menos pérdidas de calor por **infiltración de aire exterior**, de 77,75 kWh/m<sup>2</sup>·año, 2% inferior a la media de planta baja, frente a los 89,52 kWh/m<sup>2</sup>·año que se genera en el **aula EP/S-01D** de planta sótano.

Respecto a la **demandas de refrigeración** por **infiltración de aire exterior**, el **aula EP/0-17D** de planta baja, consigue reducir la demanda en 8,90 kWh/m<sup>2</sup>·año, valor elevado para las aulas de la zona norte del edificio, aunque un 17% inferior a la media de planta baja; frente a los 2,92 kWh/m<sup>2</sup>·año del **aula EP/S-01D** de planta sótano, 64% inferior a la media de planta sótano.

En el **aula EP/S-01D** de planta sótano se genera **pérdidas caloríficas** por **transmisión de las ventanas** de 12,62 kWh/m<sup>2</sup>·año, 7% superior a la media de planta sótano, y 2,02 kWh/m<sup>2</sup>·año en **demandas de refrigeración**, 20% inferior a la media de planta sótano. La demanda de calefacción resulta relativamente normal, con una pérdida de calor de 50,26 kWh/año por superficie de ventana, para una 35,42 m<sup>2</sup> aprox. de superficie de ventanas, repartidas en dos muros de orientación Oeste-Este.

La **pérdida calorífica** del **aula EP/0-17D** de planta baja por **transmisión de ventanas** también es ligeramente superior al **aula EP/S-01D** de planta sótano, de 15,43 kWh/m<sup>2</sup>·año, con valor igual a la media de planta baja; pero su **demandas de refrigeración** es sustancialmente inferior al aula de sótano, de 0,61 kWh/m<sup>2</sup>·año, y 64% muy inferior a la media de aulas de planta baja.



Los valores de *demandas en calefacción y refrigeración por **radiación solar*** del *aula EP/S-01D de planta sótano*, resultan inferiores a la media de aulas de planta sótano.

En este caso, en el *aula **EP/S-01D** de planta sótano*, se genera una *ganancia calorífica* anual por ***radiación solar*** por las ventanas de 7,87 kWh/m<sup>2</sup>·año, 19% inferior a la media de planta sótano, pero relativamente elevado, considerando que las lamas horizontales casi cerradas todo el año.

En periodo de verano *aula **EP/S-01D** de planta sótano* se genera una *demanda de refrigeración* debido a la ***radiación solar*** por ventanas de 10,87 kWh/m<sup>2</sup>·año, 33% inferior a la media de planta sótano, y sustancialmente superior a la que generan las *paredes exteriores, puentes térmicos y transmisión por ventanas*; pues es estas últimas variables resultan reducidas en cuanto a *refrigeración*, en torno a 1 y 2,60 kWh/m<sup>2</sup>·año, porque se compensan relativamente bien térmicamente en época de primavera y verano, a pesar de que *todos los muros son **exteriores***.

Ambas aulas tienen en común, que su ***muro exterior orientado al Oeste***, recibe directamente la *radiación solar* toda la tarde desde medio día, pero en comparación el *aula EP/S-01D de planta sótano* recibe *sombra* en una parte del muro exterior orientado al Oeste, durante poco tiempo al medio día, por el módulo 1 y la cubierta del pasillo de planta baja. El muro exterior Oeste del *aula EP/0-17D* de planta baja apenas recibe *sombra* proyectada por el propio edificio.

Por otro tanto, el *aula **EP/0-17D** de planta baja* está más expuesta a la ***radiación solar*** en las ventanas que el *aula EP/S-01D* de planta sótano, con una *demanda de refrigeración* de 13,10 kWh/m<sup>2</sup>·año y demanda en calefacción de 9,16 kWh/m<sup>2</sup>·año, valores de 8% y 3% inferiores respectivamente a la planta baja, algo superior a la demanda del *aula EP/S-01D* de planta sótano.

En ambos casos resulta una demanda reducida pese a tener la mitad de las ventanas expuestas directamente al sol durante la tarde, incluso comparando aulas de la zona Norte del edificio, orientadas al norte o con sombras proyectadas por las aulas de enfrente.

Esto se debe a que las ***lamas horizontales*** permanecen cerradas la mayor parte del año; con lo cual, si las lamas horizontales estuvieran abiertas, con ángulo horizontal cero en época de otoño e invierno, se permitiría una mayor *ganancia calorífica* por radiación

solar de las ventanas en las dos aulas. Es decir, el giro adecuado de las lamas podría mejorar la calificación energética en *demanda de calefacción*.

Por otro lado, en el *aula EP/S-01D* de planta sótano se generan *pérdidas de calor* por las ***paredes exteriores*** de 10,44 kWh/m<sup>2</sup>·año, valor 36% superior a la media de planta sótano, debido a la transmisión térmica entre los pilares que separan las ventanas y los tabiques de ladrillo hueco que se sitúan sobre las puertas de las aulas, entre el falso techo y la superficie inferior del forjado. En cambio, la *demanda en refrigeración* por muros exteriores, de 2,56 kWh/m<sup>2</sup>·año, es 19% inferior a la media.

En comparación, el *aula EP/0-17D* de planta baja tiene una *demanda de calefacción* por las ***paredes exteriores*** ligeramente superior, de 11,27 kWh/m<sup>2</sup>·año, 24% inferior a la media de planta baja; pero en cambio, la *demanda de refrigeración*, de 1,12 kWh/m<sup>2</sup>·año, es un 48% inferior que la media de aulas de planta baja.

Los ***puentes térmicos*** del *aula EP/S-01D* de planta sótano, generan pérdidas caloríficas de 6,10 kWh/m<sup>2</sup>·año, valor 12% superior a la media de planta sótano, pues esta aula tiene 16 pilares entre los cuatro muros exteriores, sin contar los pilares que separan las ventanas, que son cuatro y se contabilizan como muros exteriores de hormigón armado.

También cabe destacar que pese a que ambas aulas son idénticas en cuanto a superficies, las aulas de planta baja tienen mayor demanda de calefacción a través de los ***puentes térmicos*** que en planta sótano; en este caso el *aula EP/0-17D*, de 9,07 kWh/m<sup>2</sup>·año, 5% superior a la media de planta baja, es decir, valor más próximo a la media de planta baja pero superior a la planta sótano.

En cambio, sucede lo contrario con las *demandas de refrigeración* a través de ***puentes térmicos***, las demandas de las aulas de planta baja son mayores que en planta baja, en este caso 0,67 kWh/m<sup>2</sup>·año en el *aula EP/0-17D* frente 0,95 kWh/m<sup>2</sup>·año del *aula EP/S-01D*, sin embargo, las demandas son un 18 y 22% inferiores a la media de planta respectivamente.

El ***suelo*** del *aula EP/S-01D de sótano*, genera una demanda en calefacción de 2,38 kWh/m<sup>2</sup>·año, y una demanda en refrigeración de 4,30 kWh/m<sup>2</sup>·año, 4% inferior y 4% superior a la media de planta sótano respectivamente. Pero en contraste con la demanda en *refrigeración*, los ***suelos de sótano*** son el elemento que genera una *mayor reducción*

en la demanda, incluso más que debido a las *infiltraciones de aire exterior*, caso a tener en cuenta porque por lo general hay mayor contribución a la reducción de la demanda en refrigeración por *infiltraciones de aire*, que a través de los suelos de sótano en *contacto con el terreno*.

En el *aula EP/0-17D*, a diferencia de la planta sótano, se añaden importantes *pérdidas en calefacción* a través de la *cubierta* plana, de 7,54 kWh/m<sup>2</sup>-año, 36% superior a la media de planta baja y de entre los valores más elevados del edificio, porque toda la superficie de cubierta está expuesta al exterior, por la mañana apenas recibe sombra del módulo 1 y por la tarde la cubierta está expuesta al sol.

En cuanto a la *demanda en refrigeración* a través de la *cubierta* el resultado es similar, pues su valor de 3,29 kWh/m<sup>2</sup>-año pero 54% superior a la media de planta baja.

#### 6.4.1.2. PLANTA BAJA. AULAS EP/0-17D Y EP/0-19D. ZONA NORTE

Tabla 12. LIDER. Resumen demandas térmicas y calificación. Aulas EP/0-17D y EP/0-19D

Espacio	Paredes Ext.	Cubiertas	Suelos	Puentes Térmicos	Solar Ventanas	Transmisión Ventanas	Fuentes Internas	Infiltración	Total kW/m <sup>2</sup>	Superf. (m <sup>2</sup> )	Coef O/R	Calif.
<b>CALEFACCIÓN</b>												
EP/0-17D	-11,27	-7,54	0,00	-9,07	9,16	-15,43	50,94	-77,75	-61,19	141,07	1,07	D
EP/0-19D	-11,25	-7,43	0,00	-8,98	9,42	-15,25	51,68	-87,64	-69,67	141,07	1,05	D
<b>REFRIGERACIÓN</b>												
EP/0-17D	1,12	3,78	0,00	0,67	13,10	0,61	45,05	-8,90	55,70	141,07	0,79	C
EP/0-19D	1,25	3,97	0,00	0,79	13,12	0,92	44,30	-6,44	58,18	141,07	0,81	C

Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de LIDER

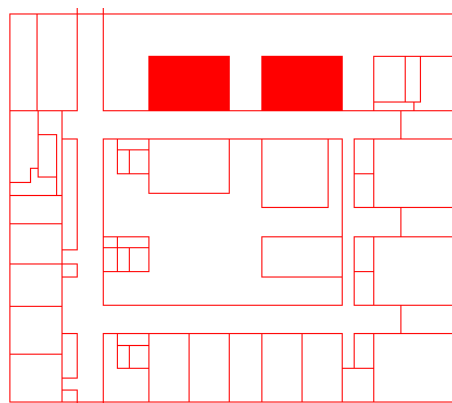


Figura 11. Plano de situación aulas EP/0-17D y EP/0-19D

Si se comparan los resultados entre las aulas EP/0-17D y EP/0-19D, que están al lado, los resultados en general son muy similares, ambos tienen calificación D en *demanda de calefacción*, y calificación C en refrigeración.

El aula EP/0-17D tiene un 2% más de calificación en *demanda de calefacción* que el aula EP/0-19D, pero una *demanda de calefacción* total de 61,19 kWh/m<sup>2</sup>-año, con 8,48 kWh/m<sup>2</sup>-año menos que el aula EP/0-19D.

La diferencia a destacar entre las aulas es la *infiltración de aire exterior*. El aula EP/0-17D tiene una *demanda en calefacción* por infiltración de aire, de 77,75 kWh/m<sup>2</sup>-año, 2% inferior a la media de planta baja, frente a los 87,64 kWh/m<sup>2</sup>-año del aula EP/0-19D,

11% superior a la media. Es decir, hay una diferencia de 9,89 kWh/m<sup>2</sup>·año siendo aulas idénticas en superficies de la envolvente térmica y situadas en la misma planta, con la diferencia que el *aula EP/0-19D* está situada entre aulas y recibe más **sombra** proyectada del edificio.

Por otra parte, el *aula EP/0-17D* consigue un ahorro en refrigeración debido a las **infiltraciones** de 8,90 kWh/m<sup>2</sup>·año, frente a los 6,44 kWh/m<sup>2</sup>·año del *aula EP/0-19D*, valores 17% y 41% inferiores a la media de planta baja respectivamente. Es decir, el ahorro en demanda de refrigeración del *aula EP/0-19D* por infiltraciones es mucho menor.

El resto de variables son casi idénticas entre ambas aulas de planta baja, incluso la **radiación solar y transmisión por ventanas**, que es extraño porque el *aula EP/0-19D* está situado entre aulas y recibe menos radiación solar por la fachada Oeste porque el *aula EP/0-17D* le proyecta sombra durante la tarde.

El resultado final es que el *aula EP/0-19D* tiene mayor *demanda de calefacción*, con una diferencia de 8,48 kWh/m<sup>2</sup>·año, como en *demanda de refrigeración*, con una diferencia de 2,48 kWh/m<sup>2</sup>·año; siendo la diferencia a destacar las **infiltraciones de aire**, teniendo las mismas características y orientación de puertas y ventanas entre las dos aulas contiguas.

Respecto a las aulas de planta sótano situadas debajo, sucede al contrario, las demandas totales en calefacción y refrigeración son menores *en el aula EP/S-03D de sótano*, situada bajo el *aula EP/0-19D*, que el *aula EP/S-01D de sótano*, bajo el *aula EP/0-17D*.

### 6.4.1.3. PLANTA SÓTANO Y BAJA. AULAS EP/S-02M Y EP/0-18M. ZONA SUR

Tabla 13. LIDER. Resumen demandas térmicas y calificación. Aulas EP/S-02M y EP/0-18M

Espacio	Paredes Ext.	Cubiertas	Suelos	Puentes Térmicos	Solar Ventanas	Transmisión Ventanas	Fuentes Internas	Infilt.	Total kWh/m²	Superf. (m²)	Coef O/R	Calif.
<b>CALEFACCIÓN</b>												
EP/S-02M	-10,74	0,00	-2,36	-5,99	10,76	-13,94	46,50	-69,14	<b>-45,19</b>	141,07	<b>0,81</b>	<b>C</b>
EP/0-18M	-13,23	-3,38	0,00	-9,92	13,95	-19,52	53,52	-109,12	<b>-87,86</b>	141,07	<b>1,05</b>	<b>D</b>
<b>REFRIGERACIÓN</b>												
EP/S-02M	2,09	0,00	-4,67	0,82	15,83	1,68	42,52	-9,94	<b>48,64</b>	141,07	<b>0,70</b>	<b>C</b>
EP/0-18M	2,00	1,60	0,00	0,93	17,88	1,75	43,96	-2,21	<b>66,09</b>	141,07	<b>0,79</b>	<b>C</b>

Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de LIDER

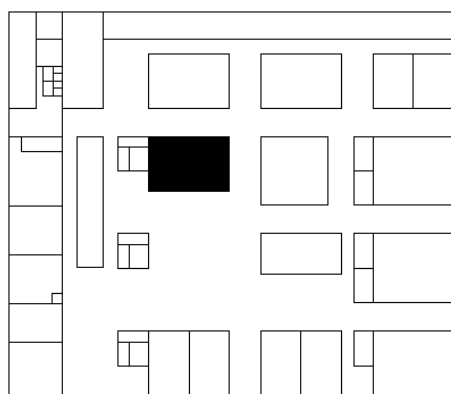


Figura 12. Plano de situación aulas EP/S-02M y EP/0-18M

El aula EP/S-02M de planta sótano tiene una **calificación C** en la *demanda de calefacción*, con una demanda total de 45,19 kWh/m²-año, mientras que el aula EP/0-18M de planta baja, obtiene una **calificación D** en *demanda de calefacción*, con una diferencia de calificación de 24% respecto de aula de sótano, y una demanda total de 87,86 kWh/m²-año que lo duplica.

Por otro lado, se obtiene una **calificación C** de la *demanda de refrigeración* en las dos aulas, con una diferencia de 9% de la calificación, siendo mayor la *demanda de refrigeración* también en el aula EP/0-18M de planta baja, de 66,09 kWh/m²-año; aunque en comparación el aula EP/S-02M de planta sótano tiene una *demanda total de refrigeración* de 48,64 kWh/m²-año, un poco superior a la demanda total de calefacción. También cabe resaltar que la calificación de la *demanda de refrigeración* del aula EP/S-02M de planta sótano, resulta de las más favorables del edificio.

En el aula EP/S-02M de planta sótano tiene una *demanda de calefacción* debido a las **paredes exteriores** elevada de 10,74 kWh/m²-año, 39% superior a la media de planta sótano, aunque valor relativamente normal en comparación con aulas de sótano que tienen todos los muros exteriores. Su *demanda de refrigeración* debido a paredes exteriores, de 2,09 kWh/m²-año, resulta 34% inferior a la media e inferior a la mayoría de aulas de sótano con todas las **paredes exteriores**.

En el aula EP/0-18M de planta baja, tiene una *demanda de calefacción* debido a los **muros exteriores**, de 13,23 kWh/m²-año, 10% inferior a la media de planta baja y similar a la media de planta sótano. Su *demanda de refrigeración* debido a los **muros exteriores**, de 2,00 kWh/m²-año, 6% inferior a la media de planta baja y aunque valor similar al aula

de planta sótano; pero sin embargo duplica la demanda de refrigeración de aulas con muros exteriores de la zona Norte y Este del edificio, y además se observa que el valor resulta muy similar al de aulas de planta baja de la *zona Sur del edificio*.

Para el **aula EP/S-02M** de planta sótano, las pérdidas caloríficas por **paredes exteriores** es relativamente normal, alrededor de 10 kWh/m<sup>2</sup>·año, al igual que los puentes térmicos y transmisión por ventanas.

Para el **aula EP/0-18M** de planta baja, las *pérdidas caloríficas por la cubierta* son relativamente reducidas, de 3,38 kWh/m<sup>2</sup>·año, debido a que más de la mitad de la superficie del aula está cubierta por el *Módulo 1*.

Estas aulas son las más expuestas al sol de todo el edificio porque todas sus ventanas están orientadas al Sur, y por tanto sus demandas debido a la **radiación solar** por las ventanas, son de las más elevadas del edificio, teniendo en cuenta que se ha considerado un ángulo de inclinación de *lamas horizontales* entre 45 y 69 grados. Los resultados son entre 10,76 y 13,95 kWh/m<sup>2</sup>·año en la *demanda de calefacción* para aula de planta sótano y planta baja respectivamente, valores 11% y 48% superiores a la media de sus plantas; y *demanda de refrigeración* entre 15,83 y 17,88 kWh/m<sup>2</sup>·año respectivamente, con valores 3% inferior y 25% superior, respectivamente.

Por otra parte, en **aula EP/S-02M** de planta sótano la *demanda de calefacción* debido a la **transmisión de las ventanas**, de 13,94 kWh/m<sup>2</sup>·año, 3% superior a la media de aulas de planta sótano. En cambio, en su *demanda de refrigeración*, de 1,68 kWh/m<sup>2</sup>·año, resulta un valor 3% inferior a la media de planta sótano.

En cambio, en el **aula EP/0-18M** de planta baja, las *demandas de calefacción por transmisión de ventanas*, de 19,52 kWh/m<sup>2</sup>·año, 27% superior a la media de planta baja y de las más elevadas de su planta. También sus *demandas de refrigeración*, de 1,75 kWh/m<sup>2</sup>·año, 25% superior a planta baja, y comparativamente más elevadas que aulas de planta baja con todos los muros exteriores.

En cuanto a pérdidas por **infiltración de aire** exterior, es un tema a tratar porque como sucede en la mayoría de aulas, las pérdidas son importantes. En cambio, en el **aula EP/S-02M** de planta sótano, parece extraño que la *demanda de calefacción por infiltraciones de aire*, de 69,14 KW/m<sup>2</sup>, 16% inferior a planta sótano, cuyo valor es de los más reducidos de planta sótano, y muy inferior a las aulas colindantes de dimensiones

similares. Por otro lado, su *demanda de refrigeración* debido a las ***infiltraciones de aire exterior***, de 9,94 kWh/m<sup>2</sup>-año, consigue un ahorro en la demanda relativamente elevado, 23% superior a la media de la planta sótano.

En el ***aula EP/0-18M de planta baja***, las *demandas de calefacción* por ***infiltraciones de aire***, de 109,12 kWh/m<sup>2</sup>-año, 38% superior a la media de planta baja y de las más elevadas del edificio, realmente importantes en comparación al aula de sótano. En cambio, las *demandas de refrigeración* por *infiltraciones de aire*, de 2,21 kWh/m<sup>2</sup>-año, 11% inferior a la media de planta baja, valor de los más reducidos de la planta baja. Por tanto, el ahorro de la demanda por las infiltraciones de aire es mínimo, las infiltraciones en esta aula provocan un incremento importante de la demanda térmica.

En el ***aula EP/S-02M de planta sótano***, las *demandas en calefacción y refrigeración* generadas por el ***suelo en contacto con el terreno*** es irrelevante, 4% inferior y 13 % superior de la media de planta sótano respectivamente, y valores comprendidos entre la media de las aulas de planta sótano de gran superficie.



#### 6.4.1.4. PLANTA SÓTANO Y BAJA. AULAS EP/S-07D Y EP/0-21I. ZONA ESTE

Tabla 14. LIDER. Resumen demandas térmicas y calificación. Aulas EP/S-07D y EP/0-21E

Espacio	Paredes Ext.	Cubiertas	Suelos	Puentes Térmicos	Solar Ventanas	Transmisión Ventanas	Fuentes Internas	Infilt.	Total kW/m²	Coef O/R	Superf. (m²)	Calif.
<b>CALEFACCIÓN</b>												
EP/S-07D	-6,99	0,00	-2,46	-5,07	8,13	-15,27	46,15	-59,06	<b>-34,86</b>	176,87	<b>0,84</b>	<b>C</b>
EP/0-21E	-9,17	0,00	0,00	-9,06	11,54	-24,70	53,41	-75,78	<b>-53,97</b>	176,87	<b>1,23</b>	<b>D</b>
<b>REFRIGERACIÓN</b>												
EP/S-07D	1,50	0,00	-4,12	0,87	12,51	2,14	43,69	-11,60	<b>45,32</b>	176,87	<b>0,72</b>	<b>C</b>
EP/0-21E	0,66	0,00	0,00	0,27	15,70	-0,10	49,12	-10,95	<b>54,93</b>	176,87	<b>0,80</b>	<b>C</b>

Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de LIDER

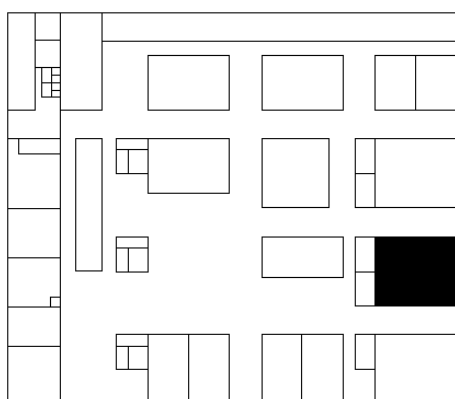


Figura 13. Plano de situación aulas EP/S-07D y EP/0-21E

Las aulas EP/S-07D de planta sótano y EP/0-21I de planta baja, son el tipo de aulas de mayor superficie, de 176,87 m².

El aula EP/S-07D, como la mayoría de las aulas de planta sótano, tiene **calificación energética C** respecto a la *demanda en calefacción y refrigeración*, pudiéndose destacar que para este tipo de aulas la *calificación en refrigeración* es de las más eficientes respecto de las demás aulas de sótano.

En cambio, en el aula EP/0-21I de planta baja, como para la mayoría de aulas de planta baja la calificación energética en *demanda de calefacción* es la D, y en *refrigeración* la C, aunque igualmente se resalta que la demanda en refrigeración para este tipo de aulas de planta baja, resulta relativamente óptimo, que para el resto de aulas de planta baja.

Hay una gran diferencia de 39% en la calificación en *demanda de calefacción* entre el aula EP/S-07D de sótano y el aula EP/0-21I de planta baja, siendo la demanda total del aula EP/0-21I de planta baja de 53,97 kWh/m²·año, muy elevada en comparación con la demanda total de 34,86 kWh/m²·año del aula EP/S-07D de sótano. También sucede en la misma proporción con las *demandas de refrigeración*, entre 45,32 y 54,93 kWh/m²·año, para aula de planta sótano y planta baja respectivamente.

Las *pérdidas caloríficas por paredes exteriores* para el aula EP/S-07D de sótano, de 7 kWh/m²·año, 9% inferior a la media de planta sótano, son relativamente reducidas comparado con el resto de aulas de sótano, teniendo en cuenta que es un aula con mayor número de ventanas, y por tanto de *pilares entre ventanas*, considerados como muros exteriores de hormigón armado, como se ha indicado anteriormente.

Este buen comportamiento térmico de los **muros exteriores**, puede se deba a que el muro Este está en *contacto con el terreno* y el muro Oeste tiene más de la mitad de su longitud en *contacto con el aseo*. En cambio, para el aula *EP/0-21I* de planta baja, las pérdidas por **paredes exteriores** son mayores que en planta sótano, de 9,17 kWh/m<sup>2</sup>·año, 38% inferior a la media de planta baja; pero sin embargo, éstas son excepcionalmente inferiores que las aulas del mismo tipo de planta baja.

Las *demandas de calefacción* debido a los **puentes térmicos** difieren mucho entre las dos plantas, pues en el aula *EP/0-21I* de planta baja genera 12,68 kWh/m<sup>2</sup>·año, 47% superior a la media de planta baja, mientras que en el aula *EP/S-07D* de sótano, se genera 5,07 kWh/m<sup>2</sup>·año, 7% inferior a la media de planta sótano. Por otro lado resultan demandas caloríficas elevadas, porque en este tipo de aula hay mayor proporción de pilares entre ventanas, que no se consideran como puentes térmicos, sino como muros de hormigón armado.

En cambio, la *demanda de refrigeración* debido a los **puentes térmicos** es mínima, entre 0,87 y 0,27 kWh/m<sup>2</sup>·año para aula de planta sótano y planta baja respectivamente, valores 25% y 69% inferiores a la media de las respectivas plantas. Por tanto, es el tipo de aula que obtiene mejor eficiencia energética en puentes térmicos en cuanto a *refrigeración*, pues la transmisión térmica resultante a través de los muros, que son parte de los pilares considerados, también es óptima.

Se destaca que en las dos aulas, existen *elevadas pérdidas caloríficas por la transmisión de las ventanas*, de 15,27 kWh/m<sup>2</sup>·año, en el aula *EP/S-07D* de sótano, 13% superior a la media de sótano; y 24,70 kWh/m<sup>2</sup>·año en el aula *EP/0-21I* de planta baja, 60% superior a la media de planta baja.

Esto se debe a que en este tipo de aulas grandes, hay 51,65 m<sup>2</sup> aprox. de superficie acristalada, repartida a la mitad entre el muro Norte y Sur. Por tanto, en el aula *EP/S-07D* de sótano hay una *demanda de calefacción* de 52,29 kWh/año por superficie acristalada, y 84,58 kWh/año por superficie acristalada en el aula *EP/0-21I* de planta baja, que casi lo duplica comparativamente.

Puede que la elevada *transmisión por las ventanas* se deba fundamentalmente a que son aulas con un gran aforo, con un flujo de entre 21 y 33 personas en el curso 2013/14, para las aulas *EP/S-07D* de planta sótano y *EP/0-21I* de planta baja

respectivamente; por tanto, las personas contribuyen a la reducción de la demanda de calefacción y al aumento de la demanda de refrigeración, como **fuentes internas** de calor.

En cambio, demandas debido a las **fuentes internas** de calor y refrigeración tienen valores comprendidos entre la media de las plantas de las dos aulas, aunque la *demanda de refrigeración* es ligeramente superior a las aulas próximas del mismo tipo y superficie.

Por otro lado, ocurre de forma similar con las *demandas de calefacción por infiltración de aire exterior*, de 75,78 kWh/m<sup>2</sup>·año en el aula EP/S-07D de sótano, y 59,06 kWh/m<sup>2</sup>·año en el aula EP/0-21I de planta baja, resaltando en este caso que las demandas son 29% y 4% inferiores a la media de su planta respectivamente.

Para la *demanda en refrigeración*, en estas dos aulas en concreto, el **aire infiltrado** contribuye muy positivamente a la reducción de la demanda en torno a 11 kWh/m<sup>2</sup>·año, 48% y 2% superior a la media de planta sótano y baja respectivamente, y comparativamente superior que las aulas del mismo tipo.

Concretamente el aula EP/0-21I de planta baja, es una de las aulas que mayor ganancia calorífica por **radiación solar** recibe por las ventanas, de 11,54 kWh/m<sup>2</sup>·año, 22% superior a la media de planta baja, debido a que recibe sol directamente por las mañanas por el muro Sur, y porque además suele tener las *lamas horizontales* medio giradas.

En cambio el aula EP/S-07D de sótano, recibe 8,13 kWh/m<sup>2</sup>·año de **radiación solar** en contribución al ahorro *de calefacción*, valor relativamente superior a las aulas de sótano de esa zona del edificio, aunque 16% inferior a la planta baja, porque recibe sombra del muro de contención Este y del propio edificio.

Por otro lado, la **radiación solar** por las ventanas provoca una elevada *demanda de refrigeración* de 15,70 kWh/m<sup>2</sup>·año en el aula EP/0-21I de planta baja, 10% superior a la media de planta baja; y 12,51 kWh/m<sup>2</sup>·año en el aula EP/S-07D de sótano, 23% inferior la planta sótano, que son valores también relativamente superiores a las aulas próximas.

El aula EP/S-07D de sótano, el **suelo** reduce la *demanda de refrigeración* en 4,12 kWh/m<sup>2</sup>·año, y la *demanda de calefacción* debida a los **suelos**, de 2,46 kWh/m<sup>2</sup>·año, valores que coinciden exactamente con la media de la planta sótano.

El aula *EP/0-21I* de planta baja, tiene de especial que *no tiene cubierta en contacto con el aire exterior*, porque toda su superficie de techo se prolonga con la zona de secretaría del módulo 2, y entre las dos plantas hay una especie de cámara de aire que las separa.

En general se puede concluir, que pese a la gran superficie de este tipo de aula, la *demanda de calefacción y refrigeración* resulta inferior que la mayoría de tipo aulas que tienen todos los muros al exterior.

#### 6.4.1.5. PLANTA SÓTANO Y BAJA. AULAS EP/S-09G Y EP/0-23G. ZONA SUR

Tabla 15. LIDER. Resumen demandas térmicas y calificación. Aulas EP/S-09G y EP/0-23G

Espacio	Paredes Ext.	Cubiertas	Suelos	Puentes Térmicos	Solar Ventanas	Transmisión Ventanas	Fuentes Internas	Infiltración	Total kW/m²	Superf. (m²)	Coef O/R	Calif.
<b>CALEFACCIÓN</b>												
EP/S-09G	-7,76	0,00	-2,24	-3,61	6,01	-8,07	48,30	-84,47	-52,04	175,87	0,88	C
EP/0-23G	-15,33	0,00	0,00	-8,82	8,53	-16,73	55,26	-83,96	-61,22	175,87	1,31	E
<b>REFRIGERACIÓN</b>												
EP/S-09G	2,39	0,00	-3,93	0,80	8,56	1,45	41,97	-5,13	46,38	175,87	0,81	C
EP/0-23G	1,59	0,00	0,00	0,03	11,37	-0,11	49,06	-8,33	53,81	175,87	0,88	C

Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de LIDER

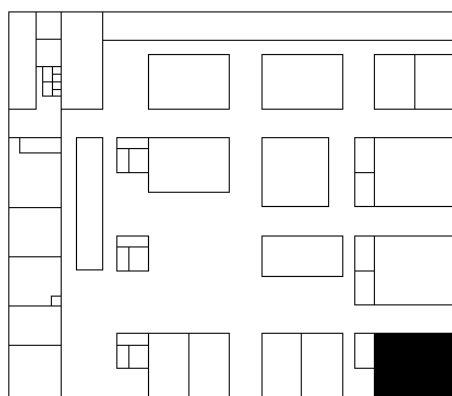


Figura 14. Plano de situación aulas EP/S-09G y EP/0-23G

Las aulas *EP/S-09G* y *EP/0-23G* con superficie 175,87 m² tienen una calificación en calefacción muy diferente. El aula *EP/S-09G* de sótano tiene una demanda en calefacción de 52,04 kWh/m²·año y **calificación C**, pero el aula *EP/0-23G* de planta baja tiene una mayor demanda de 61,22 kWh/m²·año y **calificación E**, la más desfavorable de planta baja y de casi todo el edificio, con una diferencia de calificación del 43% respecto del aula de planta sótano.

En cambio, las dos aulas tienen **calificación C** en la *demanda de refrigeración*, con una diferencia de 7%, pero con demandas totales de refrigeración de 46,38 kWh/m²·año y 53,81 kWh/m²·año en las aulas *EP/S-09G* y *EP/0-23G* respectivamente.

Las *demandas totales en calefacción y refrigeración*, son relativamente bajas, en comparación con la media de las aulas de cada planta y de las aulas de la zona Sur del edificio.

En el *aula EP/S-09G de planta sótano* tiene una *demanda de calefacción* por **muros exteriores** de 7,76 kWh/m<sup>2</sup>·año, valor comprendido en la media de aulas de planta sótano y resultado similar a las aulas que tienen *muro en contacto con el terreno*. En este caso, el aula tiene dos muros formando esquina, en contacto con el terreno, y el resto de muros son exteriores entre pilares y una parte de muro de fachada en contacto con la escalera.

En cambio, el *aula EP/0-23G de planta baja* duplica la *demanda de calefacción* debido a las **paredes exteriores**, de 15,33 kWh/m<sup>2</sup>·año es de las más elevadas de las aulas con los cuatro muros exteriores, aunque un 4% superior a la media de planta baja.

Por ser el aula *EP/0-23G de planta baja* un caso singular en la *calificación de demanda de calefacción*, se ha realizado otro cálculo de prueba modificando los muros exteriores de fachada, formado por fábricas de ladrillo con aislamiento térmico, por otros muros tipo contención de tierras.

Los resultados muestran que si el aula dispone de **muros exteriores** de *mayor transmitancia térmica*, es decir, menor *resistencia térmica*, la **calificación** de la *demanda de calefacción* mejora un 10% aprox., y la *demanda de refrigeración* un 5%; aunque las demandas térmicas generadas por los muros exteriores serían mayores, si el aula tuviese muros de transmitancia térmica mayor.

Es decir, en este caso, los **muros exteriores** de fachada Sur y Este, por tener buena *resistencia térmica*, el aula *EP/0-23G de planta baja* obtiene una calificación energética de la *demanda en calefacción* mucho más desfavorable, pero con menor demanda total de calefacción, y una demanda total en refrigeración invariable.

En el aula *EP/S-09G de sótano*, la *pérdida calorífica* por **transmisión de ventanas**, de 8,07 kWh/m<sup>2</sup>·año, 40% inferior a la media de planta sótano, es relativamente reducida en comparación a las aulas de sótano de la zona Este y Norte, aunque superior a las aulas de sótano de la misma zona Sur del edificio. En cuanto a sus resultados de *demandas de refrigeración* debido a la **transmisión por ventanas**, de 1,45 kWh/m<sup>2</sup>·año, 43% inferior a la media de planta sótano, cabe resaltar que es el aula tipo grande de planta sótano con menor demanda.

En el aula *EP/0-23G de planta baja*, la *pérdida calorífica* por **transmisión de ventanas**, de 16,73 kWh/m<sup>2</sup>·año, 8% superior a la media de planta baja, duplica el valor del aula de sótano y resulta elevada en comparación a otras aulas.

En cambio, su *demanda de refrigeración* por **transmisión de ventanas** resulta negativa, de 0,11 kWh/m<sup>2</sup>-año, 106% inferior a la media de planta baja, es decir, que la demanda es casi nula e incluso contribuye a reducir la demanda. En la planta baja sólo sucede en las aulas EP/0-20D, EP/0-21E y EP/0-23G, que son las tres aulas grandes de la zona Este del edificio, que tienen en común que sobre su techo hay como una cámara sanitaria que separa las aulas de la zona de secretaría de cada módulo.

La *ganancia calorífica* por **radiación solar** en el aula EP/S-09G de sótano, 38% inferior a la media de planta sótano, pero similar a las aulas de sótano de la zona Sur, con ventanas orientadas al Este-Oeste. En este caso, las ventanas no reciben mucho sol porque los muros de contención y un árbol proyectan sombra.

Además en estas dos aulas que se comparan, no entra apenas el sol porque se ha colocado mobiliario que tapa las ventanas, y las *lamas horizontales* casi cerradas, no permiten la entrada del sol. En este caso concreto, la entrada del sol es molesta, porque en el muro Este, está colocado el proyector de diapositivas. También las *lamas horizontales* del aula situada enfrente de su muro Norte, reflejan el sol dentro del aula, por lo que también suelen estar cerradas las lamas horizontales.

Las dos aulas tienen una *superficie total de ventanas* de 41,41 m<sup>2</sup>, de las que sólo 15,58 m<sup>2</sup> están orientadas al Oeste y el resto al Norte. El aula EP/S-09G de sótano tiene una *ganancia en demanda de calefacción por radiación solar*, de 25,53 kWh/año por superficie acristalada, mientras que el aula EP/0-23G de planta baja, con 36,23 kWh/año por superficie acristalada.

Por otro lado, teniendo las mismas instalaciones y un flujo de 38 personas en las dos aulas, las *demandas de calefacción por fuentes internas* varían 6,95 kWh/m<sup>2</sup>-año, siendo mayores en planta baja, pero en las dos aulas con valores próximos a la media de sus plantas correspondientes.

En el aula EP/S-09G de planta sótano, la *demanda de calefacción* debido a los **puentes térmicos**, de 3,61 kWh/m<sup>2</sup>-año, 34% inferior a la media de planta sótano, es de las más reducidas de las aulas del edificio, porque la mayoría de pilares están embebidos en el *muro en contacto con el terreno*. Su *demanda de refrigeración por puentes térmicos*, de 0,80 kWh/m<sup>2</sup>-año, 31% inferior a la media de planta baja, aunque similar a las aulas de sótano con muros exteriores y de superficie parecida.



En el *aula EP/0-23G de planta baja*, la *demanda de calefacción* debido a los **puentes térmicos** es de 8,82 kWh/m<sup>2</sup>·año, valor comprendido entre la media de planta baja. La demanda de *refrigeración* por puentes térmicos es nula, de 0,03 kWh/m<sup>2</sup>·año.

En cuanto a las *pérdidas caloríficas por infiltración del aire*, apenas hay diferencia entre el aula de planta sótano y planta baja, de 84,47 y 83,96 kWh/m<sup>2</sup>·año respectivamente, aunque un 23 inferior a la media de planta sótano y 6% superior a la media en planta baja. Es un factor a tener en cuenta porque es la variable que mayores pérdidas energéticas genera, aunque por otro lado, se observa que su valor es relativamente menor que las aulas próximas de la zona Sur del edificio.

Respecto del *ahorro energético en refrigeración* producido por las **infiltraciones de aire**, 43% superior de la media de planta sótano y 23% inferior de la media de planta baja, que en general resulta más favorable que en las aulas de zona Sur. Puede ser debido a que su puerta de acceso y la mayor parte de su superficie de ventanas, tienen orientación Norte, y en las aulas de zona Sur, tienen sólo orientación Este-Oeste, y las puertas hacia el Norte.

Es decir, se estima con esta observación y comparando con las aulas del edificio que tienen mayor valor, que las **infiltraciones de aire** en periodo de verano, son más favorables si las ventanas reciben sombra, están orientadas al Norte, o simplemente por su orientación reciben radiación solar por la mañana y por la tarde quedan en sombra.

Por último cabe apuntar que el ahorro de la demanda de *refrigeración* generada por el suelo del *aula EP/S-09G de planta sótano*, de 3,93 kWh/m<sup>2</sup>·año, 5% inferior a la media de planta sótano, y sensiblemente inferior que las aulas de dimensiones similares.



#### 6.4.1.6. PLANTA SÓTANO Y BAJA. AULAS EP/S-12M Y EP/0-26M. ZONA SUR

Tabla 16. LIDER. Resumen demandas térmicas y calificación. Aulas EP/S-12M y EP/0-26M

Espacio	Paredes Ext.	Cubiertas	Suelos	Puentes Térmicos	Solar Ventanas	Transmisión Ventanas	Fuentes Internas	Infiltr.	Total kWh/m²	Superf. (m²)	Coef O/R	Calif.
<b>CALEFACCIÓN</b>												
EP/S-12M	-7,18	0,00	-2,37	-3,82	5,09	-7,00	53,72	-126,81	-88,44	87,93	0,90	C
EP/0-26M	-11,54	-4,42	0,00	-9,72	6,39	-13,43	54,91	-71,83	-49,80	87,93	1,21	D
<b>REFRIGERACIÓN</b>												
EP/S-12M	3,63	0,00	-3,74	1,38	6,60	2,43	41,91	5,60	57,92	87,93	0,89	C
EP/0-26M	1,41	2,04	0,00	0,57	9,33	0,17	51,13	-11,97	52,87	87,93	0,90	C

Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de LIDER

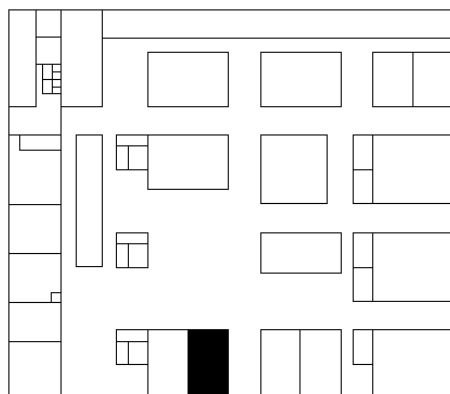


Figura 15. Plano de situación aulas EP/S-12M y EP/0-26M

El aula EP/S-12M tiene calificación energética C en demanda de calefacción y refrigeración, exactamente con un 10% menor que el edificio de referencia.

En cambio, la diferencia con el aula EP/0-26M situada encima en la planta baja, idéntica en cuanto a superficies, tiene una **calificación D** en demanda de calefacción, con una diferencia de calificación del 31% respecto de aula EP/S-12M de sótano, pero por otra parte el aula de sótano casi duplica la demanda total del aula de planta baja, con una diferencia de 38,64 kWh/m²·año. Es decir, el aula EP/S-12M es de los espacios del edificio con mayor demanda de calefacción y en cambio obtiene una calificación C, mucho más favorable que el aula EP/0-26M situada encima en planta baja.

Por otro lado, mantienen la misma calificación en *demanda de refrigeración*, con una escasa diferencia de 5,06 kWh/m²·año, del aula de sótano respecto del aula de planta baja.

El aula EP/S-12M de planta sótano, tiene una *demanda de calefacción* excesivamente elevada debido a la **infiltración de aire exterior**, de 126,81 kWh/m²·año, 53% superior a la media de planta sótano, frente a 71,83 kWh/m²·año del aula EP/0-26M de planta baja, 9% inferior a la media de planta baja.

En general el aula EP/0-26M de planta baja, tiene mayor demanda de calefacción por *paredes exteriores*, *puentes térmicos*, *transmisión de ventanas* y *radiación solar*, además de que tiene cubierta, aunque en *demandas de refrigeración* sucede casi lo contrario.

El *aula EP/0-26M* de planta baja, tiene una *demanda de calefacción* a través de las ***paredes exteriores*** de 11,54 kWh/m<sup>2</sup>-año, 22% inferior a la media de planta baja, con una diferencia importante de 4,37 kWh/m<sup>2</sup>-año respecto del *aula EP/S-12M* de planta sótano, 9% inferior a la media de planta sótano; pues esta última tiene el muro Sur en contacto con el terreno, y por tanto, menos superficie de muros exteriores.

En cuanto, a demandas de *calefacción* por ***puentes térmicos***, el *aula EP/0-26M* de planta baja, tiene una demanda de entre las más elevadas de los espacios del edificio, de 9,72 kWh/m<sup>2</sup>-año, 12% superior a la media de planta baja, con una importante diferencia respecto del *aula EP/S-12M* de planta sótano, de 5,90 kWh/m<sup>2</sup>-año, 32% inferior a la media de planta sótano; puede que porque parte de los *pilares* de planta sótano están embebidos en el *muro de contención*, en contacto con terreno.

Las demandas de *calefacción* debido a la ***radiación solar*** son relativamente reducidas 47% y 32% inferiores a la media de planta sótano y planta baja respectivamente, teniendo en cuenta que son aulas situadas en la zona Sur, pero con orientación Este de sus ventanas; es decir, recibe radiación solar por la mañana, aunque a primeras horas de la mañana las aulas de enfrente proyectan sombra y cubren una parte de las ventanas. El *aula EP/S-12M* de planta sótano recibe menos radiación solar porque el muro de contención le genera sombra en parte de la superficie acristalada.

En cuanto a la ***transmitancia de las ventanas***, el aula de planta baja duplica en *pérdidas caloríficas* al aula de planta sótano, aunque para el *aula EP/0-26M* de planta baja con una demanda de 13,43 kWh/m<sup>2</sup>-año, 13% inferior a la media de planta baja.

El *aula EP/S-12M* de sótano, es de los pocos espacios del edificio que requieren *demanda de refrigeración* debido a las ***infiltraciones de aire exterior***, de 5,60 kWh/m<sup>2</sup>-año, porque la mayoría de espacios permiten reducir su demanda de refrigeración considerablemente a través de las infiltraciones de aire. En cambio, el *aula EP/0-26M* de planta baja tiene ahorro en demanda de refrigeración por infiltraciones, de 11,97 kWh/m<sup>2</sup>-año, 12% superior a la media de planta baja.

Por otro lado, las demandas de *refrigeración* del *aula EP/0-26M* de planta baja debido a ***transmisión de ventanas***, es de las más bajas del edificio con 0,17 kWh/m<sup>2</sup>-año, 90% inferior a la media de planta baja, mientras que en aula de planta baja es de 2,43 kWh/m<sup>2</sup>-año, 4% inferior a la media de planta sótano.

Lo mismo sucede en ***puentes térmicos y paredes exteriores***, en el aula de planta baja las demandas en refrigeración son muy bajas, más de la mitad que del aula de planta baja.

En cuanto a *demanda de refrigeración* por ***cubiertas*** del aula EP/0-26M de planta baja, de 2,04 kWh/m<sup>2</sup>·año, 18% inferior de la media de planta baja, debido a que parte del techo del aula es cubierta plana, y otra parte está en contacto con un espacio no habitable de separación entre planta primera, como una entreplanta.

Las *demandas de refrigeración* debido a ***radiación solar*** son muy inferiores a la media, de 65% en sótano y 35% en planta baja, porque las *laminas horizontales* están casi cerradas, y no hay largas horas de exposición al sol, por la *orientación* Este de las ventanas.

#### 6.4.1.7. PLANTA SÓTANO Y BAJA. AULAS EP/S-14I Y EP/0-28I. ZONA SUR

Tabla 17. LIDER. Resumen demandas térmicas y calificación. Aulas EP/S-14I y EP/0-28I

Espacio	Paredes Exteriores	Cubiertas	Suelos	Puentes Térmicos	Solar Ventanas	Transmisión Ventanas	Fuentes Internas	Infiltración	Total kW/m²	Superf. (m²)	Coef O/R	Calif.
<b>CALEFACCIÓN</b>												
EP/S-14I	-4,13	0,00	-2,58	-3,78	0,67	-4,73	50,24	-70,98	-35,39	66,31	0,73	C
EP/0-28I	-8,85	-7,55	0,00	-8,39	0,66	-7,19	66,85	-71,74	-36,31	82,12	1,04	D
<b>REFRIGERACIÓN</b>												
EP/S-14I	1,97	0,00	-3,67	2,08	1,11	2,60	48,66	-12,23	40,65	66,31	0,90	C
EP/0-28I	1,19	2,03	0,00	1,03	1,06	0,43	65,48	-15,38	55,99	82,12	1,02	D

Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de LIDER

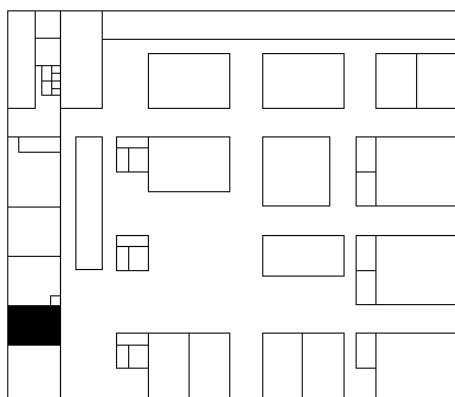


Figura 16. Plano de situación aula EP/S-14I  
Planta Sótano

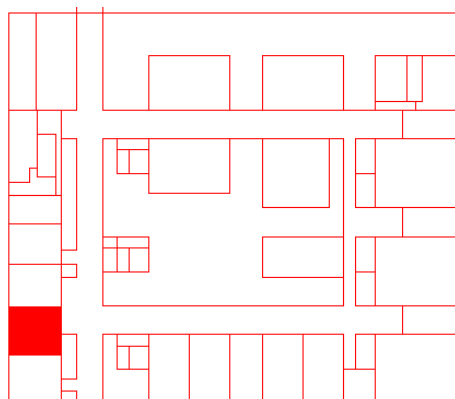


Figura 17. Plano de situación aula EP/0-28I  
Planta Baja

Son aulas de informática, de las que se destaca poca superficie acristalada, una ventana de 6,25 m² y que siempre está a la sombra, porque el módulo 3 se sitúa por encima de éstas, las lamas horizontales están totalmente bajadas y por el interior hay cortinas poco traslúcidas.

El aula EP/S-14I de planta sótano tiene una **calificación C** en calefacción y refrigeración, muy diferente al aula EP/S-28I de planta baja, que tiene calificación D en calefacción y refrigeración.

La diferencia de calificación de *demandas de calefacción* entre aulas es del 31%, y en *demandas de refrigeración* un 12%, pero en ambos casos el aula EP/S-28I de planta baja tiene mayor demanda total en calefacción y refrigeración, siendo muy elevada la diferencia en demanda de refrigeración.

Las *demandas de calefacción* debido a las **paredes exteriores** son de las más reducidas de cada planta respectivamente. El aula EP/S-14I de planta sótano, tiene una demanda de 4,13 kWh/m²-año, 46% inferior a la media de sótano, de las más reducidas del edificio; y el aula EP/S-28I de planta baja lo duplica con una demanda de 8,85 kWh/m²-año, pero 40% inferior a la media de planta baja.

En cambio, la *demandas de refrigeración* debido a las **paredes exteriores** por el aula de planta sótano, de 1,97 kWh/m²-año, 38% inferior a la media de sótano, que duplica la demanda del aula de planta baja, de 1,19 kWh/m²-año, 44% inferior a la media de planta

baja; debido a que el aula de planta sótano sí recibe sol unas pocas horas, durante medio día, a través del hueco que queda entre la pasarela de acceso Sur y la línea de fachada de las aulas.

Las demandas de calefacción y refrigeración de las dos aulas debido a los **puentes térmicos**, se consideran elevadas, teniendo en cuenta que tienen poca superficie de muros exteriores. Sucede similar en las aulas de zona Oeste del edificio, como son las *aulas de instalaciones, laboratorios* de planta sótano y planta baja. En comparación el aula de planta baja duplica la demanda del aula sótano, y viceversa en demanda de refrigeración.

La *pérdidas caloríficas* por **transmisión de ventanas** del aula de planta sótano son 65% inferiores a la media de sótano y 53% inferior a la media de planta baja, son de las más reducidas. Sucede como en la mayoría de variables, que el aula de planta baja duplica la demanda de calefacción de aula de planta sótano, y en refrigeración el aula de sótano tiene mucha más demanda que el aula de planta baja. Los resultados parecen normales teniendo en cuenta que solo hay una ventana y una puerta que están a la sombra.

En las dos aulas, las demandas de calefacción y refrigeración producidas por la **radiación solar**, en torno a 1,10 kWh/m<sup>2</sup>·año, son de las menores de todo el edificio y sus valores se igualan prácticamente.

Las aulas de instalaciones tienen en común que las **fuentes de calor internas** son elevadas porque suelen ser aulas que se llenan casi al completo y hay un ordenador por persona. Según los resultados, el *aula EP/S-28I de planta baja* tiene la mayor fuente interna de calor del edificio, de 66,85 kWh/m<sup>2</sup>·año, 28% superior a la media de planta baja; y el *aula EP/S-14I de planta sótano*, de 50,24 kWh/m<sup>2</sup>·año comparativamente inferior, pero 3% superior a la media de las aulas de planta sótano. En *demandas de refrigeración* los resultados son casi idénticos, pero de valor inverso, es decir, se podría considerar un problema por la elevada carga térmica generada.

En el *aula EP/S-28I de planta baja*, las *demandas de refrigeración* por **infiltración de aire exterior** son elevadas, de 15,38 kWh/m<sup>2</sup>·año, 9% inferior a la media de planta baja, aunque las pérdidas de calor por infiltraciones, de 71,74 kWh/m<sup>2</sup>·año son 44% superior a la media de planta baja, pero en este caso se considera importante porque sólo tiene una puerta y ventana.

En comparación, las demandas térmicas debido a **infiltraciones** del *aula EP/S-14I de planta sótano* son muy similares y ligeramente inferiores, que en el *aula EP/S-28I de planta baja*.

#### 6.4.1.8. PLANTA SÓTANO. LABORATORIOS ALAN TURING Y NIKLAUS WIRTH. ZONA OESTE

Tabla 18. LIDER. Resumen demandas térmicas y calificación. Laboratorios Alan Turing y Niklaus Wirth

Espacio	Paredes Ext.	Cubiertas	Suelos	Puentes Térmicos	Solar Ventanas	Transm. Ventanas	Fuentes Internas	Infilt.	Total kW/m²	Superf. (m²)	Coef O/R	Calif.
<b>CALEFACCIÓN</b>												
L. Alan Turing	1,60	0,00	-3,22	-7,76	1,81	-9,55	55,48	-51,49	-13,30	82,75	0,54	B
L. Niklaus Wirth	-9,29	0,00	-3,51	-4,94	4,94	-8,88	58,62	-52,12	-15,25	82,84	0,64	B
<b>REFRIGERACIÓN</b>												
L. Alan Turing	11,81	0,00	-3,77	1,75	3,85	6,61	61,93	-21,24	61,15	82,75	1,23	D
L. Niklaus Wirth	1,77	0,00	-4,77	1,04	8,62	4,43	59,87	-17,66	53,40	82,84	0,99	C

Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de LIDER

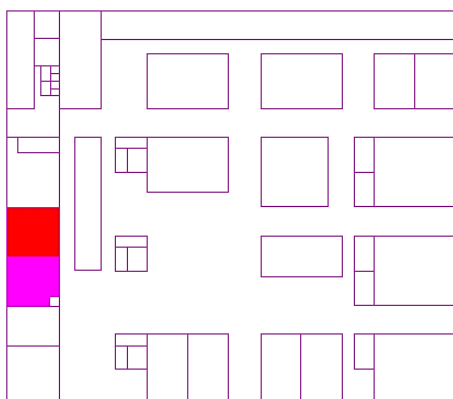


Figura 18. Plano de situación laboratorios Alan Turing y Niklaus Wirth

Los laboratorios de investigación Alan Turing y Niklaus Wirth son los únicos espacios que tienen una **calificación B** en **demanda de calefacción**, y coeficiente de relación entre el edificio objeto y el de referencia más favorable, aunque con una diferencia del 10%, siendo más favorable el *laboratorio Alan Turing*.

Por otro lado, la **demanda en refrigeración** es ligeramente más elevada respecto del edificio de Referencia de cálculo, con lo cual, la calificación energética respecto a demandas de refrigeración es de las más desfavorables de la planta sótano, debido fundamentalmente a que las cargas térmicas de **fuentes internas** son de las más elevadas del edificio por superficie, en torno a 60 kWh/m²·año.

El *laboratorio Alan Turing* tiene mayor demanda total de refrigeración, cuya calificación se diferencia un 24% respecto del *laboratorio Niklaus Wirth*, cuya mayor diferencia entre laboratorios es que el *laboratorio Niklaus Wirth* recibe radiación solar a media mañana, y en cambio, el *laboratorio Alan Turing* apenas recibe sol a través de las ventanas y tiene una puerta de acceso desde el exterior.

El *laboratorio Alan Turing* tiene de particular que es el segundo espacio del edificio que no tiene pérdidas de calor a través de las **paredes exteriores**, sino que tiene **ganancia calorífica a través de las paredes** de 1,60 kWh/m²·año.

En cambio, el *laboratorio Niklaus Wirth*, que está conectado al *laboratorio Alan Turing* por una puerta interior, tiene una mayor *demanda de calefacción* a través de las ***paredes exteriores*** de 9,29 kWh/m<sup>2</sup>·año, pero de valor inferior a la media del edificio. Esta diferencia se debe a que el muro exterior tiene más de la mitad de su superficie cubierto por ventanas, y dos pilares juntos que suman 87 cm, que los separan y se consideran como muros exteriores de hormigón armado.

Se puede destacar también, que el *laboratorio Alan Turing* tiene elevadas *demandas de refrigeración* debido a las ***paredes exteriores***, pues tiene inexplicablemente 11,81 kWh/m<sup>2</sup>·año, con superficie de muros de fachada con aislamiento térmico, relativamente inferior a la superficie de huecos de fachada; mientras que en el *laboratorio Niklaus Wirth* con más superficie de ventanas, tiene una *demanda de refrigeración* muy inferior, de 1,77 kWh/m<sup>2</sup>·año.

En comparación, en el *laboratorio Niklaus Wirth* sucede totalmente lo contrario en cuanto a *demandas de refrigeración* debido a ***paredes exteriores***, pues estas se compensan y la demanda neta en refrigeración queda reducida a 1,77 kWh/m<sup>2</sup>·año, que resulta de las demandas más bajas de planta baja.

Las *ganancias caloríficas* por ***radiación solar*** por las ventanas en ambos laboratorios es inferior a la media de planta sótano, en comparación más elevada en el *laboratorio Niklaus Wirth* de 4,94 kWh/m<sup>2</sup>·año, frente a 1,81 kWh/m<sup>2</sup>·año del *laboratorio Alan Turing*. Esto se debe a que el *laboratorio Alan Turing* está prácticamente siempre a oscuras porque a nivel de planta baja, le hace sombra la pasarela, y justo encima está situado el módulo 2 que también hace sombra. En cambio, el *laboratorio Niklaus Wirth* sí que recibe ***radiación solar*** directa durante el mediodía porque el módulo 2 no llega a hacer sombra totalmente.

Respecto a la demanda en refrigeración debido a la ***radiación solar***, el *laboratorio Alan Turing* recibe menos de la mitad de radiación que el *laboratorio Niklaus Wirth*, de 8,62 kWh/m<sup>2</sup>·año. Las demandas por ***radiación solar*** son relativamente bajas en ambos laboratorios porque casi todas las horas del día están en la sombra y tienen lamas horizontales que limitan la entrada de la mayor parte del sol.

Las ***fuentes internas*** en ambos laboratorios son de las más elevadas de planta sótano, en torno a 56 kWh/m<sup>2</sup>·año, puede que debido en parte a la *potencia de iluminación*



*instalada*, pues el número de personas que habitan con normalidad no debe ser superior a *seis investigadores*.

La *demanda calorífica* debido a los **puentes térmicos** es sustancialmente superior en el *laboratorio Alan Turing* de 7,76 kWh/m<sup>2</sup>·año, en comparación con el *laboratorio Niklaus Wirth* de 4,94 kWh/m<sup>2</sup>·año, inferior a la media de planta sótano. La explicación es que coinciden más pilares estructurales en un laboratorio que en otro, entre muros de contención de tierras y de fachada.

En relación a las diferentes *demandas caloríficas* de ambos laboratorios, la demanda en calefacción debido a las **infiltraciones de aire** por carpinterías, es la más elevada, en torno a 52 kWh/m<sup>2</sup>·año, que comparativamente con el resto de aulas de planta baja y sótano son de las que menos demanda térmica tienen por infiltraciones de aire exterior.

En cambio, los resultados parecen indicar que las **infiltraciones de aire** son un factor determinante, porque generan una elevada *reducción en la demanda de refrigeración* por ventilación, de 21,24 kWh/m<sup>2</sup>·año en el *laboratorio Alan Turing*, y 17,66 kWh/m<sup>2</sup>·año en el *laboratorio Niklaus Wirth*.

A diferencia con el *laboratorio Niklaus Wirth*, en el **laboratorio Alan Turing** la *puerta exterior de acceso* no está directamente conectada con el espacio interior, sino que hay un espacio previo de recepción entre muros, con otra puerta, lo cual hace de cámara térmica de aire.

Las pérdidas caloríficas por **transmisión de las ventanas** varían alrededor de 9 kWh/m<sup>2</sup>·año en ambos laboratorios, por debajo de la media de las aulas de planta sótano.

Así mismo, la demanda de refrigeración del *laboratorio Alan Turing* por **transmisión de ventanas** es superior a la media de las aulas del edificio, casi triplica la media de planta sótano, con 6,61 kWh/m<sup>2</sup>·año. Resulta extraño el resultado porque sólo tiene dos ventanas y la superficie es relativamente reducida en comparación a otras aulas. En el *laboratorio Niklaus Wirth* sucede similar pero la demanda es inferior de 4,43 kWh/m<sup>2</sup>·año, aunque también es de las más elevadas.

Una posible explicación a este fenómeno puede ser que la superficie de huecos de fachada es insuficiente para expulsar el calor interno que se genera en los laboratorios, es decir, se recibe más calor a través de los vidrios y marcos que el calor que puede expulsar

a través de estos. El *laboratorio Alan Turing* tiene 9 m<sup>2</sup> de ventanas aprox. y el laboratorio Niklaus Wirth 12 m<sup>2</sup> aprox.

La *demanda de calefacción* debido al **suelo** de ambos laboratorios es muy similar, son de los dos espacios de planta sótano con suelo en contacto con el terreno con más demanda calorífica debido al suelo.

También cabe decir que los **suelos** de sótano en contacto con el terreno reducen la demanda en refrigeración entre 4 y 5 kWh/m<sup>2</sup>-año para ambos laboratorios, que relativamente es un valor superior a la media respecto de los demás espacios de sótano.

Como conclusión, las elevadas fuentes de calor internas de los laboratorios debido a las instalaciones y al personal, casi compensan las demandas caloríficas. Si se redujera la *permeabilidad al aire de las carpinterías*, y los marcos y vidrios de éstas tuvieran *menor transmitancia térmica*, los laboratorios podrían no requerir apenas demanda en calefacción, el comportamiento térmico sería óptimo.

Por otro lado, la compensación térmica no se produce efectivamente entre el interior y el exterior en *periodo de verano*, porque ambos laboratorios son recintos cerrados por un muro de contención por una cara, por las otras dos está en contacto con otros espacios habitables, y tiene una cara a exterior donde aprox. la mitad se compone de ventanas o puerta; con lo cual, el calor se mantiene en el interior de laboratorio más tiempo que otros espacios, porque tiene poca superficie exterior para expulsar el calor durante las horas sin uso de la noche, y tampoco se favorece el intercambio térmico con el exterior, porque las aulas contiguas también tienen elevada carga térmica, y la temperatura exterior es superior a la temperatura de consigna o de confort deseada dentro de un espacio habitable.

#### 6.4.1.9. PLANTA SÓTANO. TALLER DE ARQUITECTURA (PECERA)

Tabla 19. LIDER. Resumen demandas térmicas y calificación. Taller Arquitectura (pecera)

Espacio	Paredes Ext.	Cubiertas	Suelos	Puentes Térmicos	Solar Ventanas	Trans. Ventanas	Fuentes Internas	Infilt.	Total kW/m²	Superf. (m²)	Coef O/R	Calif.
Taller Arq. (Cal.)	-1,07	-28,36	-1,75	-3,13	49,33	-49,86	44,04	-96,52	-88,28	111,67	0,97	C
Taller Arq. (Ref.)	0,03	0,36	-4,89	0,17	118,61	1,78	47,17	-18,54	145,71	111,67	1,25	D

Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de LIDER

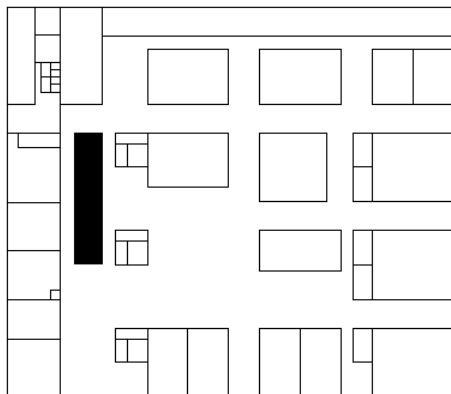


Figura 19. Plano de situación Taller de arquitectura (pecera) Planta Sótano

Sorprende que un aula con cubierta y suelo compuesta por hormigón armado y vidrios como paredes, tiene una **calificación C en demanda de calefacción** de 88,28 kWh/m²·año, pese a la gran cantidad de pérdidas energéticas que genera, y una **calificación D en demanda de refrigeración**, de 145,71 kWh/m²·año; es decir, la *demanda de refrigeración* es muy superior a la *demanda de calefacción* de la sala, y la demanda térmica en general es superior a todos los espacios del edificio.

Las *pérdidas caloríficas* por la **cubierta** son demasiado altas, de 28,36 kWh/m²·año, debido a que la cubierta es la pasarela compuesta simplemente por hormigón armado, aunque se desconoce si lleva algún tipo de aislamiento térmico bajo la pasarela, como por ejemplo poliuretano proyectado.

La *ganancia calorífica* por **radiación solar**, en este caso es extremadamente alta, de 49,86 kWh/m²·año, pero en cambio respecto a la *demanda en refrigeración*, se sobrepasa el doble hasta 118,61 kWh/m²·año.

Las *pérdidas caloríficas* por **transmisión de ventanas**, de 49,86 kWh/m²·año, son muy elevadas, pues sus cuatro paredes son vidrio, es decir, las *ganancias de calor* por el sol se pierden por la transmisión de los vidrios. En cambio, la *demanda para refrigeración* en cuanto a **transmisión de vidrios**, requiere apenas 1,78 kWh/m²·año, valor inferior a la media de planta sótano.

En cuanto a la **infiltración de aire exterior** también genera elevadas *pérdidas caloríficas*, de 96,52 kWh/m²·año, también de las más elevadas del edificio. Resulta curioso el resultado porque se ha indicado en las características de sus ventanas, que la permeabilidad al aire es bastante reducida, en comparación al resto del edificio, por lo que

se deduce que las infiltraciones se producen en mayor medida a través de las dos puertas de acceso a la sala.

Respecto a la *demanda en refrigeración*, se consigue un gran ahorro energético debido a las ***infiltraciones de aire exterior***, de 18,54 kWh/m<sup>2</sup>·año, mayor que la mayoría de espacios del edificio, aunque insuficiente para compensar las elevadas *demandas de refrigeración* que se generan.

#### 6.4.1.10. PLANTA SÓTANO. SALÓN DE ACTOS. ZONA NORTE

Tabla 20. LIDER. Resumen demandas térmicas y calificación. Salón de actos

Espacio	Paredes Ext.	Cubiertas	Suelos	Puentes Térmicos	Solar Ventanas	Transmisión Ventanas	Fuentes Internas	Infilt.	Total kW/m <sup>2</sup>	Superf. (m <sup>2</sup> )	Coef O/R	Calif.
Actos (Cal.)	-5,91	-23,47	-1,86	-4,33	9,39	-10,26	45,49	-117,58	-108,61	126,56	1,03	D
Actos (Ref.)	1,66	14,65	-3,51	1,33	11,97	2,70	34,61	2,44	65,98	126,56	0,94	C

Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de LIDER

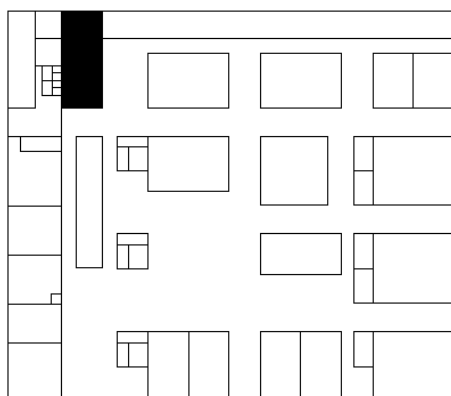


Figura 20. Plano de situación Salón de actos.  
Planta Sótano

El *Salón de Actos* obtiene calificación energética D, de demanda de calefacción, y calificación C en demanda de refrigeración, aunque está justo en el límite de la D, es decir, los resultados de cálculo de demandas térmicas del *edificio Objeto*, en este caso coinciden casi con los del *edificio de Referencia* de cálculo.

El Salón de Actos tiene de particular que las ***pérdidas caloríficas*** a través de la ***cubierta*** son elevadas, de 23,47 kWh/m<sup>2</sup>·año. Esto se debe a que los dos tercios de la superficie del *salón de actos* corresponden a la *pasarela de hormigón armado* de acceso Norte del edificio, y la otra tercera parte es ***cubierta no transitable con grava***, que al menos tiene *aislamiento térmico*. Esto genera una *demanda en refrigeración* también elevada por la cubierta, de 14,65 kWh/m<sup>2</sup>·año.

Por tanto, el *salón de actos* resulta el espacio con mayor *demanda de refrigeración* del edificio, y la segunda aula con mayor *demanda en calefacción*, después que el *taller de Arquitectura* de planta sótano. No se ha podido comprobar si debajo de la pasarela o en el falso techo existe algún tipo de aislamiento térmico o acústico.

Además, las ***pérdidas caloríficas por infiltración de aire exterior***, de 117,58 kWh/m<sup>2</sup>·año, también resultan de las más elevadas del edificio, por la gran superficie de

ventanas practicables de eje horizontal y sus tres puertas dobles. Las *infiltraciones de aire* son en este caso contraproducentes porque no consiguen reducir la demanda de refrigeración, la aumenta 2,44 kWh/m<sup>2</sup>·año.

La *demanda de calefacción* por **transmisión de ventanas**, de 10,26 kWh/m<sup>2</sup>·año, resulta un inferior a la media de planta sótano y planta baja, teniendo gran superficie acristalada orientada al Este. La *demanda de refrigeración* de 2,70 kWh/m<sup>2</sup>·año tiene un valor cercano a media de sótano.

Las *ganancias caloríficas por radiación solar* son relativamente elevadas de 9,39 kWh/m<sup>2</sup>·año, pese a que las lamas horizontales están medianamente cerradas y tiene cortina por el interior traslúcida. Por otro lado, la radiación solar genera una mayor demanda de refrigeración 11,97 kWh/m<sup>2</sup>·año. La fachada acristalada está orientada al Este y recibe *radiación solar*, sobretodo cerca del mediodía, entre las 11 y 15 horas.

La *demanda de calefacción* debido a las **paredes exteriores** es relativamente reducida, de 5,91 kWh/m<sup>2</sup>·año, pues solo la mitad de sus muros son exteriores, los demás son medianeros con aulas como los aseos y almacenes, y uno en contacto con el terreno. La *demanda de refrigeración* debido a los **muros exteriores** de 1,66 kWh/m<sup>2</sup>·año, también es de las más reducidas de planta sótano.

En este caso sólo se consigue ahorro de la *demanda de refrigeración* a través del **suelo** en contacto con el terreno, de 3,51 kWh/m<sup>2</sup>·año, valor inferior a la media de sótano. La demanda de calefacción debido al suelo, de 1,86 kWh/m<sup>2</sup>·año, es de las más reducidas del edificio.

#### 6.4.1.11. PLANTA SÓTANO. AULA EP/S-04 DE DIBUJO ARQUITECTÓNICO

Tabla 21. LIDER. Resumen demandas térmicas y calificación. Aula EP/S-04 de Dibujo arquitectónico

Espacio	Paredes Ext.	Cubiertas	Suelos	Puentes Térmicos	Solar Ventanas	Trans. Ventanas	Fuentes Internas	Infilt.	Total kW/m²	Superf. (m²)	Coef O/R	Calif.
EP/S-04E (Cal.)	-20,81	-3,23	-2,19	-12,49	23,01	-28,11	62,43	-100,27	-82,25	146,85	1,05	D
EP/S-04E (Ref.)	4,14	2,20	-4,51	2,01	37,03	4,15	55,58	-19,01	82,25	146,85	0,87	C

Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de LIDER

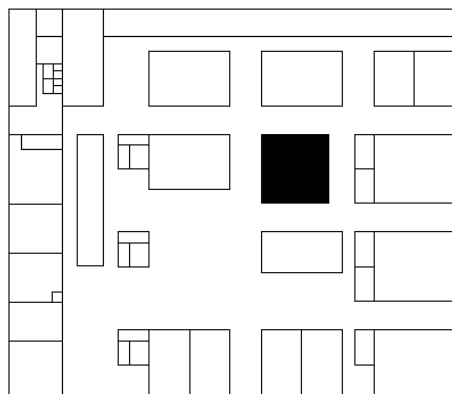


Figura 21. Plano de situación Aula EP/S-04 de Dibujo arquitectónico

El aula de dibujo de arquitectura tiene dos alturas, con volumen de 1019,14 m³ aprox., con lo cuál, las demandas térmicas son de las más elevadas de edificio porque la demanda casi se duplica por superficie.

Obtiene una **calificación D** con *demanda de calefacción* total de 82,25 kWh/m²-año, de entre las más elevadas del edificio, y una calificación C en *demanda de refrigeración*, del mismo valor que en calefacción; con lo cual es la segunda aula con mayor demanda de refrigeración del edificio, después del *Taller de Arquitectura* de sótano.

Se destacan las grandes *pérdidas caloríficas* por **paredes exteriores**, de 20,81 kWh/m²-año; en cambio, en *demanda de refrigeración* por **paredes exteriores**, de 4,14 kWh/m²-año, es aprox. el doble que en aulas de planta sótano.

Las *pérdidas caloríficas* por **puentes térmicos**, de 12,49 kWh/m²-año, son las más elevadas del edificio. Esto se debe a que se consideran 18 pilares entre muros, con lo que se duplican los puentes térmicos por pilares, por tener el doble de altura o volumen. La *demanda de refrigeración* por **puentes térmicos**, de 2,01 kWh/m²-año, también es de las más elevadas del edificio.

Por otro lado, existen escasas *pérdidas térmicas* por **cubierta**, con una *demanda de calefacción* de 3,23 kWh/m²-año, y *demanda de refrigeración* de 2,20 kWh/m²-año, pues aprox. la mitad de su superficie está cubierta por el *módulo 1*.

También existen importantes *pérdidas caloríficas* por la **transmisión de las ventanas**, de 28,11 kWh/m²-año, valor muy elevado comparativamente con las demás aulas de planta sótano y baja. Se debe a que tiene gran *superficie acristalada* de 94,77 m² aprox., tanto con sus fachadas Este y Oeste, como por el Norte en contacto con el pasillo

de planta baja, que está completamente acristalado entre pilares. La *demanda de refrigeración* por **transmisión de ventanas**, de 4,15 kWh/m<sup>2</sup>-año, también resulta un valor de los más elevados del edificio.

En cuanto a la **radiación solar** de las ventanas, las *ganancias térmicas* también son importantes, de 23,01 kWh/m<sup>2</sup>-año. Sin embargo la *demanda de refrigeración* requerida es mucho mayor que la demanda de calefacción, de 37,03 kWh/m<sup>2</sup>-año. Los valores de demandas térmicas por *radiación solar* resultan escandalosamente elevados, pues realmente el sol sólo incide en las ventanas de orientación Oeste, durante el mediodía y la tarde, porque el resto de ventanas siempre están en sombra por el propio edificio. Este resultado se debe principalmente a que las *lamas horizontales* están giradas aprox. 67 grados, es decir, medio abiertas a la entrada solar.

Como casi todas las aulas, tiene grandes *pérdidas caloríficas* por **infiltración del aire exterior**, de 100,27 kWh/m<sup>2</sup>-año. Por otro lado, tiene la ventaja que consigue un ahorro en la *demanda de refrigeración* de 19 kWh/m<sup>2</sup>-año, superior a la mayoría de aulas del edificio.



### 6.4.2. ESTUDIO ENERGÉTICO DE PLANTA PRIMERA Y SEGUNDA

Se sigue el mismo procedimiento pero con los despachos de planta primera y segunda del edificio. Para su análisis se han identificado tres tipos de zonas, que corresponden a grupos de despachos, que quedan separados entre sí por las escaleras y pasillo de su planta.

En este caso muestra una tabla resumen de demandas térmicas y su calificación que agrupa la misma zona de despachos de los tres módulos, tanto para la primera planta, como para la segunda.

El plano de situación es de elaboración propia, es el trazado en AutoCAD para generar las superficies simplificadas de los espacios para *LIDER*. Este muestra la ubicación de los despachos objeto de análisis, con orientación norte y proyección de las cubiertas y pasillos exteriores de las plantas inferiores.

### 6.4.2.1. MÓDULOS 1, 2, 3. DESPACHOS DE SECRETARÍA Y LABORATORIOS

Tabla 22. LIDER. Resumen demandas térmicas y calificación. Secretarías de planta 1 y 2

Espacio	Paredes Ext.	Cubiertas	Suelos	Puentes Térmicos	Solar Ventanas	Trans. Ventanas	Fuentes Internas	Infilt.	Total kW/m²	Superf. (m²)	Coef O/R	Calif.
<b>CALEFACCIÓN</b>												
Secret. P1 M3	-20,19	0,00	0,00	-7,96	28,67	-38,62	46,99	-39,83	<b>-31,12</b>	154,48	<b>1,53</b>	<b>E</b>
Secret. P1 M2	-7,12	0,00	0,00	-8,53	21,34	-36,71	48,35	-40,58	<b>-23,44</b>	133,57	<b>1,19</b>	<b>D</b>
Secret. P1 M1	-7,51	0,00	0,00	-9,98	18,88	-30,96	53,32	-44,40	<b>-20,82</b>	154,49	<b>1,13</b>	<b>D</b>
Secret. P2 M3	-17,43	-6,96	0,00	-8,53	27,11	-31,33	44,74	-39,98	<b>-32,71</b>	154,48	<b>1,52</b>	<b>E</b>
Secret. P2 M2	-5,60	-8,63	0,00	-8,46	23,17	-28,02	45,46	-41,03	<b>-23,38</b>	133,57	<b>1,28</b>	<b>D</b>
Secret. P2 M1	-5,62	-8,13	0,00	-9,08	20,87	-22,35	49,10	-44,77	<b>-20,28</b>	154,49	<b>1,21</b>	<b>D</b>
<b>REFRIGERACIÓN</b>												
Secret. P1 M3	-2,39	0,00	0,00	-0,52	40,43	-4,50	50,41	-12,83	<b>70,79</b>	154,48	<b>0,70</b>	<b>C</b>
Secret. P1 M2	-1,76	0,00	0,00	-1,45	39,30	-6,98	54,66	-14,82	<b>69,13</b>	133,57	<b>0,79</b>	<b>C</b>
Secret. P1 M1	-1,87	0,00	0,00	-1,84	34,51	-6,44	62,40	-15,87	<b>71,07</b>	154,49	<b>0,80</b>	<b>C</b>
Secret. P2 M3	-2,20	1,36	0,00	-0,39	40,78	-3,83	50,41	-14,09	<b>72,38</b>	154,48	<b>0,66</b>	<b>C</b>
Secret. P2 M2	-1,17	0,81	0,00	-1,30	40,52	-6,09	54,86	-16,75	<b>71,16</b>	133,57	<b>0,74</b>	<b>C</b>
Secret. P2 M1	-1,26	0,57	0,00	-1,54	35,28	-5,50	63,00	-18,39	<b>72,46</b>	154,49	<b>0,75</b>	<b>C</b>

Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de LIDER

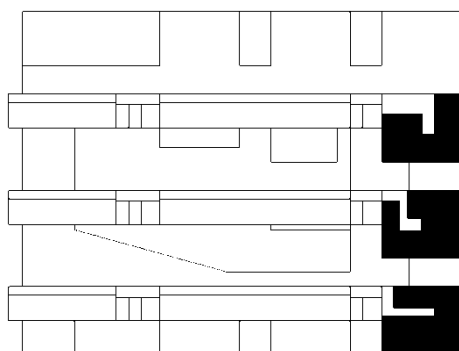


Figura 22. Plano de situación Despachos de Secretaría Plantas 1 y 2

En comparación con la planta sótano y planta baja, la planta primera y segunda de los módulos del edificio obtienen una calificación energética más desfavorable en cuanto a demandas de calefacción.

En concreto, la zona de secretaría de las plantas primera y segunda del módulo 3 obtienen la **calificación E** más desfavorable del edificio, para *demanda de calefacción*, aunque calificación C en *demanda de refrigeración* en los tres módulos. La diferencia entre estos módulos es que el módulo 3, que está en la zona Sur del edificio, tiene la fachada Oeste totalmente acristalada, mientras que los módulos 1 y 2, tienen las mismas ventanas orientadas al Sur, pero sólo disponen una estrecha ventana de 2,46 m² aprox. en la **fachada Oeste**.

En general, las *demandas de calefacción y refrigeración* totales de planta primera y segunda son muy similares, aunque es un poco mayor la demanda de planta segunda. Lo más significativo de las zonas de secretaría es que la *demanda de refrigeración* supera el doble de su demanda de calefacción, y sin embargo la calificación C en *demandas de refrigeración* es muy favorable comparado a las aulas de planta baja y sótano, que además requieren menor demanda.

Comparando las zonas de secretaría, la **demanda de calefacción** es ligeramente más desfavorable en la segunda planta, porque tiene más superficie expuesta al exterior por la **cubierta**, con una diferencia máxima en calificaciones de 9% en el módulo 1, un

8% de diferencia en el módulo 2, pero prácticamente igual en el módulo 3. En cambio, la *demanda de refrigeración* resulta más desfavorable en la primera planta, aunque la diferencia entre calificaciones varía en general un 5% en los tres módulos.

Las diferencias de *demandas de calefacción* totales entre el módulo 1 y 3 son importantes, pues el módulo 3 tiene una demanda total de 31,12 - 32,71 kWh/m<sup>2</sup>·año entre planta primera y segunda respectivamente, y por otro lado, el módulo 1, tiene una *demanda total de calefacción* mucho menor de 20,82 – 20,28 kWh/m<sup>2</sup>·año entre plantas.

En cuanto a *demanda de refrigeración* pasa lo contrario, el módulo 1 resulta el más desfavorable, con una demanda total de 71,07 – 72,46 kWh/m<sup>2</sup>·año entre planta primera y segunda respectivamente; pero en cambio, el módulo 2 resulta el más favorable de los tres módulos, con una demanda de 69,13 – 71,16 kWh/m<sup>2</sup>·año. El módulo 2 tiene una demanda total de refrigeración algo menor que el módulo 3, pero similar.

La zona de secretaría de segunda planta, a diferencia de la primera planta, tiene una *demanda de calefacción* por la *cubierta*, en torno a 8 kWh/m<sup>2</sup>·año, en los tres módulos; aunque el módulo 3 resulta el más favorable con 6,96 kWh/m<sup>2</sup>·año, y el módulo 2 el más desfavorable con 8,63 kWh/m<sup>2</sup>·año

En planta primera el *suelo* está en contacto con una entreplanta, de cámara de aire, que cubre la superficie de las aulas de planta baja, por lo que *la zona de secretaría* no tiene demanda térmica por los suelos.

La diferencia entre módulos en la zona de secretaría, es que la superficie acondicionada varía porque la *distribución interior es diferente*, es decir, el pasillo de acceso varía, y por tanto, el número de puertas también. En el módulo 1 hay una puerta con ventana opaca de gran superficie, una oficina con puertas acristaladas y cuatro puertas. En el módulo 2 hay una sola puerta acristalada y el mismo número de puertas. En el módulo 3, apenas hay superficie acristalada en las puertas, pero hay 5 puertas en total.

La mayor diferencia entre planta primera y segunda en cuanto a *demandas de calefacción*, es que no tiene tantas *pérdidas caloríficas por transmisión de ventanas y puertas* que la planta primera. La *demanda en calefacción* requerida por *transmisión de puertas y ventanas* de la planta primera es en torno a 37 kWh/m<sup>2</sup>·año, mientras que en planta segunda en torno a 30 kWh/m<sup>2</sup>·año. Comparativamente el *módulo 3* requiere una *mayor* demanda de calefacción de 38,62 kWh/m<sup>2</sup>·año en primera planta y 31,33

kWh/m<sup>2</sup>-año en segunda planta. En cambio el **módulo 1** requiere una *menor* demanda de 30,96 kWh/m<sup>2</sup>-año en primera planta y 22,35 kWh/m<sup>2</sup>-año en segunda planta.

Otra gran diferencia entre los tres módulos es la captación de **radiación solar** por las ventanas y muro cortina. Las zonas de secretaría de los tres módulos son los espacios que más expuestos quedan a sol de todo el edificio. El módulo 3 es el que mayor radiación solar recibe en zona de secretaría, porque la fachada está orientada al Sur y no tienen ningún elemento de sombra adicional a las lamas horizontales, que en comparativa están más abiertas que los módulos 1 y 2. El módulo 3 también tiene la fachada Oeste acristalada, mientras que los módulos 1 y 2 solo tienen una ventana en una esquina interior de su muro Oeste.

Esto provoca que la zona de secretaría del módulo 3 tenga una *ganancia calorífica* por **radiación solar** por las ventanas de 28,67 kWh/m<sup>2</sup>-año, mientras que el módulo 2 situado en el centro del edificio, 21,34 kWh/m<sup>2</sup>-año, y en el módulo 1, de 18,88 kWh/m<sup>2</sup>-año. A efectos de ventanas y muros exteriores, el módulo 1 y 2 son idénticos, la diferencia entre ellos es la distribución interior.

Por otro lado, comparativamente, la demanda de refrigeración en zona de secretarías casi duplica las ganancias caloríficas por radiación solar, por tanto, son los espacios del edificio con mayor demanda de refrigeración debido a la radiación solar. Apenas hay diferencia entre las *demandas de refrigeración* entre planta primera y segunda en general para todas las variables.

Sucede similar que en demandas de calefacción, la mayor *demanda de refrigeración* por **radiación solar**, es del módulo 3, de 40,43 kWh/m<sup>2</sup>-año, el módulo 2, de 39,30 kWh/m<sup>2</sup>-año, y la menor del módulo 1, de 34,51 kWh/m<sup>2</sup>-año.

El resultado más extraño de cálculo del edificio es observar que la demanda de refrigeración debido a *puentes térmicos* en la zona de secretaría, **consigue reducir la demanda de refrigeración**, siendo en este caso un mayor ahorro en planta segunda, con 1,84 kWh/m<sup>2</sup>-año en módulo 1, con 1,45 kWh/m<sup>2</sup>-año en módulo 2, y con 0,52 kWh/m<sup>2</sup>-año en el módulo 3. En este caso la lógica parece seguir en que en los módulos más expuestos a la radiación solar durante todo el día, tienen menos ahorro en refrigeración a través de los puentes térmicos.

Respecto a las ***infiltraciones de aire exterior***, se podría decir sólo en este caso, que las ***demandas de calefacción*** son menores que la media de plantas inferiores, y que se consigue reducir una importante ***demanda de refrigeración***, de valores superiores al resto del edificio. En este caso el módulo 3 resulta el más favorable de los tres módulos en demanda de calefacción por infiltraciones, pero el más desfavorable en cuanto ahorro en demanda de refrigeración por infiltraciones.

Las ***fuentes internas*** no son relevantes en las secretarías de los módulos en cuanto a demanda de calefacción, pero sí en demanda de refrigeración con valores comparables con aulas de mayor demanda por fuentes internas de planta baja y sótano, teniendo el módulo 1 de planta segunda una demanda de 63 kWh/m<sup>2</sup>-año, mayor que todas las secretarías.

### 6.4.2.2. MÓDULOS 1, 2, 3. DESPACHOS DE ZONA OESTE

Tabla 23. LIDER. Resumen demandas térmicas y calificación. Despachos zona Oeste planta 1 y 2

Espacio	Paredes Ext.	Cub.	Suelos	Puentes Térmicos	Solar Ventanas	Trans. Ventanas	Fuentes Int.	Infilt.	Total kW/m <sup>2</sup>	Superf. (m <sup>2</sup> )	Coef O/R	Calif.
<b>CALEFACCIÓN</b>												
Desp. Z.Oeste P1 M3	-11,67	0,00	-14,99	-8,46	1,60	-1,95	35,26	-42,63	-42,84	89,82	0,86	C
Desp. Z.Oeste P1 M2	-11,99	0,00	-15,12	-8,84	1,40	-2,06	35,42	-42,38	-43,57	89,82	0,86	C
Desp. Z.Oeste P1 M1	-11,92	0,00	-14,98	-8,76	1,40	-1,98	35,30	-42,44	-43,37	89,82	0,86	C
Desp. Z.Oeste P2 M3	-14,55	-5,39	0,00	-10,54	1,58	-2,82	34,26	-43,00	-40,48	89,82	0,79	C
Desp. Z.Oeste P2 M2	-19,45	-5,00	0,00	-10,19	1,58	-2,60	34,70	-43,03	-43,99	89,82	0,83	C
Desp. Z.Oeste P2 M1	-14,71	-5,43	0,00	-10,67	1,57	-2,84	34,24	-42,85	-40,71	89,82	0,79	C
<b>REFRIGERACIÓN</b>												
Desp. Z.Oeste P1 M3	2,85	0,00	3,53	-0,05	1,00	0,95	21,18	-8,55	20,91	89,82	1,41	E
Desp. Z.Oeste P1 M2	2,85	0,00	3,56	-0,05	0,99	0,94	21,03	-8,42	20,90	89,82	1,41	E
Desp. Z.Oeste P1 M1	2,82	0,00	3,52	-0,05	0,99	0,96	21,14	-8,52	20,87	89,82	1,41	E
Desp. Z.Oeste P2 M3	2,70	3,92	0,00	0,55	1,15	1,68	24,01	-11,49	22,57	89,82	1,30	D
Desp. Z.Oeste P2 M2	3,18	3,70	0,00	0,67	1,08	1,70	22,66	-10,64	22,38	89,82	1,27	D
Desp. Z.Oeste P2 M1	2,70	3,94	0,00	0,57	1,15	1,71	24,03	-11,53	22,60	89,82	1,30	D

Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de LIDER

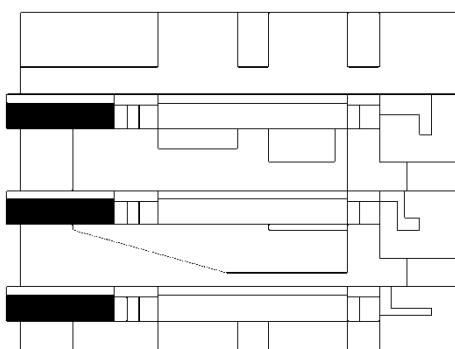


Figura 23. Plano de situación Despachos de Zona Oeste Plantas 1 y 2

La **zona de despachos Oeste**, que coincide con el vuelo exterior de los módulos por la fachada Oeste, tiene una **calificación energética C** en **demandas de calefacción**, mucho más favorable que en la **zona de secretaría y laboratorios** de los módulos, pero en cambio, los despachos de primera planta resultan ser los espacios más desfavorables de los tres módulos y del edificio, con **calificación E** en **demanda de refrigeración**.

La calificación de **demanda de calefacción** de la planta primera es un poco más desfavorable que la segunda planta, con una diferencia de 7% en el módulo 1 y 3, y 3% en módulo 2. Las **demandas totales de calefacción** de los despachos zona Oeste de planta primera, son en torno a 43 kWh/m<sup>2</sup>-año, mientras que en planta segunda son en torno a 40 kWh/m<sup>2</sup>-año en módulo 1 y 3, y en torno a 44 kWh/m<sup>2</sup>-año en módulo 2.

En cambio, en los despachos, la **demanda de refrigeración** es aprox. la mitad de la demanda de calefacción, en torno a 21 kWh/m<sup>2</sup>-año en primera planta, y en torno a 22,5 kWh/m<sup>2</sup>-año en segunda planta. Es decir, la primera planta con menor demanda de refrigeración obtiene la calificación E más desfavorable que la planta segunda, que obtiene calificación D.

Los resultados en **demanda de calefacción y refrigeración** de los despachos para los tres módulos son prácticamente iguales. Cabe destacar que estos espacios requieren, a

diferencia de las demás zonas del edificio, una gran *demanda en calefacción* debido a las ***paredes exteriores, suelos y puentes térmicos***. A diferencia de los tres módulos, se observa en general, que el módulo 2 tiene una demanda de calefacción más desfavorable y una demanda de refrigeración un poco más favorable.

Los despachos de zona Oeste de primera planta requieren una *demanda de calefacción* debido a las ***paredes exteriores***, en torno a 12 kWh/m<sup>2</sup>·año, mientras que en segunda planta en torno a 14,5 kWh/m<sup>2</sup>·año en módulo 1 y 3, y en torno a 20 kWh/m<sup>2</sup>·año en módulo 2; cuyos valores de primera planta son comparables a las aulas de planta baja, y de los valores más elevados del edificio en la segunda planta.

Por otro lado, los despachos de planta primera tienen elevadas demandas térmicas a través de los ***suelos***, porque una parte de éstos están ***en contacto con el aire exterior***, por las zonas donde debajo no hay aulas. Se requiere una *demanda de calefacción*, en torno a 15 kWh/m<sup>2</sup>·año, las más elevadas del edificio; mientras que la *demanda de refrigeración* requerida, es en torno a 3,50 kWh/m<sup>2</sup>·año, que también es las más elevadas del edificio. En este caso, se destaca que los suelos de planta primera generan *demanda de refrigeración*, mientras que los *suelos de planta sótano* en contacto con el terreno, contribuyen a un *ahorro en refrigeración*.

Las *pérdidas de calor* por ***puentes térmicos*** también son otra variable que destacar, en torno a 8,80 kWh/m<sup>2</sup>·año en la primera planta, y una *demanda de calefacción* un poco mayor en segunda planta, en torno a 10,50 kWh/m<sup>2</sup>·año. Para los espacios de los despachos se han indicado numerosos pilares como *puentes térmicos*, aprox. 4 pilares por despacho, según se han contado directamente de los planos del proyecto del edificio. En realidad se estima que haya mayor demanda por puentes térmicos debido a la propia estructura metálica de los módulos.

En cambio, el comportamiento térmico de los ***puentes térmicos*** en los módulos resulta extraño. La primera planta tiene casi una *demanda nula de refrigeración*, de 0,05 kWh/m<sup>2</sup>·año, pero consigue **reducir** un mínimo la *demanda de refrigeración*, y la segunda planta tiene una *demanda de refrigeración*, en torno a 0,6 kWh/m<sup>2</sup>·año, que también resulta mínima, entre *tres y cuatro veces menor* que en aulas de planta baja y sótano.

En este caso, resulta extraño que las *pérdidas caloríficas* por ***infiltraciones de aire*** de las puertas de los pasillos y ventanas de los despachos, son en torno a 42,5 kWh/m<sup>2</sup>·año en primera planta y 41 kWh/m<sup>2</sup>·año en segunda planta, valor aprox. la mitad



que la media de las aulas de planta sótano y baja. En cambio la *demanda de refrigeración* generada por ***infiltraciones de aire***, en torno a 8,50 kWh/m<sup>2</sup>·año en primera planta y en torno a 11 kWh/m<sup>2</sup>·año en segunda planta, resulta similar a la demanda media de planta sótano y de valor inferior a la media de planta baja.

Otro dato que sorprende es que los despachos apenas reciben ***radiación solar*** por las ***ventanas***, estando orientados al Sur. Las *ganancias caloríficas* por ***radiación solar*** son de 1,40 kWh/m<sup>2</sup>·año en planta primera del módulo 1 y 2, y un poco más, en torno a 1,60 kWh/m<sup>2</sup>·año, en los tres módulos de segunda planta y del módulo 3 de planta primera; con lo cual, la captación de radiación solar de los despachos es comparable con las *aulas de informática*, que están en sombra durante el día y además tienen las lamas horizontales cerradas, cortinas por el interior y ventanas orientadas al Este.

Por otra parte, la *demanda de refrigeración* por ***radiación solar*** en las ventanas es la más reducida de todo el edificio, en torno a 1 kWh/m<sup>2</sup>·año en planta primera y 1,10 kWh/m<sup>2</sup>·año en segunda planta.

Las pérdidas de calor por ***transmisión de ventanas*** son muy reducidas e insignificantes en comparación con la zona de secretaría, y en general, las demandas térmicas por *transmisión de ventanas* son las más reducidas del edificio. La *demanda de calefacción* por ***transmisión de ventanas*** en primera planta, es en torno a 2,00 kWh/m<sup>2</sup>·año, y en segunda planta, en torno a 2,80 kWh/m<sup>2</sup>·año. En cambio la demanda de refrigeración es similar pero aprox. una unidad menor, en torno a 1,00 kWh/m<sup>2</sup>·año en planta primera, y en torno a 1,70 kWh/m<sup>2</sup>·año en segunda planta.

Por otro lado, las *demandas de calefacción* por ***infiltraciones de aire*** en los despachos de zona Oeste resultan como la mitad de las demandas de aulas de planta baja y sótano, aunque se observa que la demanda por *infiltraciones de aire*, casi coincide exactamente con la *demanda total de calefacción*, es decir, que las ***fuentes internas*** de calor compensan la demanda térmica del resto de variables. La demanda de calefacción por infiltraciones es igual que la demanda total en primera planta, y en segunda planta en torno a 43 kWh/m<sup>2</sup>·año, un poco superior a la demanda total.

La demanda de refrigeración debido a ***infiltraciones de aire***, se consigue reducir en torno 8,50 kWh/m<sup>2</sup>·año en primera planta, y en torno a 11,00 kWh/m<sup>2</sup>·año en segunda planta, cuyos valores son más elevados que la media de aulas de planta baja y sótano, y resultan elevados proporcionalmente a la demanda total de refrigeración de los

despachos, con lo cual se podría decir, que las *infiltraciones de aire y la ventilación* favorecen de forma significativa la reducción de la demanda de refrigeración.

### 6.4.2.3. MÓDULOS 1, 2, 3. DESPACHOS DE ZONA CENTRAL

Tabla 24. LIDER. Resumen demandas térmicas y calificación. Despachos zona Central planta 1 y 2

Espacio	Paredes Ext.	Cubiertas	Suelos	Puentes Térmicos	Solar Vent.	Trans. Vent.	Fuentes Int.	Infilt.	Total kW/m <sup>2</sup>	Superf. (m <sup>2</sup> )	Coef O/R	Calif.
<b>CALEFACCIÓN</b>												
Desp. Z.Central P1 M3	-12,85	0,00	-5,55	-9,16	1,59	-2,73	34,44	-44,46	<b>-38,74</b>	159,55	<b>0,79</b>	<b>C</b>
Desp. Z.Central P1 M2	-10,99	0,00	-16,44	-7,90	1,38	-1,72	35,07	-43,31	<b>-43,90</b>	159,55	<b>0,88</b>	<b>C</b>
Desp. Z.Central P1 M1	-12,62	0,00	-7,64	-9,34	1,37	-2,58	34,63	-44,16	<b>-40,34</b>	159,55	<b>0,81</b>	<b>C</b>
Desp. Z.Central P2 M3	-13,39	-5,09	0,00	-9,66	1,55	-2,50	33,89	-44,63	<b>-39,85</b>	159,55	<b>0,79</b>	<b>C</b>
Desp. Z.Central P2 M2	-14,10	-5,30	0,00	-10,25	1,56	-2,73	34,35	-44,16	<b>-40,63</b>	159,55	<b>0,80</b>	<b>C</b>
Desp. Z.Central P2 M1	-13,60	-5,17	0,00	-9,86	1,54	-2,56	33,89	-44,38	<b>-40,16</b>	159,55	<b>0,79</b>	<b>C</b>
<b>REFRIGERACIÓN</b>												
Desp. Z.Central P1 M3	3,19	0,00	1,35	0,39	1,14	1,42	23,81	-10,36	<b>20,97</b>	159,55	<b>1,47</b>	<b>E</b>
Desp. Z.Central P1 M2	2,52	0,00	3,84	-0,15	0,95	0,74	20,27	-8,21	<b>19,96</b>	159,55	<b>1,40</b>	<b>E</b>
Desp. Z.Central P1 M1	3,08	0,00	1,85	0,31	1,09	1,35	23,07	-9,92	<b>20,85</b>	159,55	<b>1,46</b>	<b>E</b>
Desp. Z.Central P2 M3	2,46	3,86	0,00	0,49	1,12	1,58	23,66	-11,59	<b>21,62</b>	159,55	<b>1,43</b>	<b>E</b>
Desp. Z.Central P2 M2	2,52	3,82	0,00	0,47	1,10	1,56	23,21	-11,10	<b>21,61</b>	159,55	<b>1,43</b>	<b>E</b>
Desp. Z.Central P2 M1	2,53	3,88	0,00	0,52	1,12	1,62	23,67	-11,64	<b>21,73</b>	159,55	<b>1,43</b>	<b>E</b>

Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de LIDER

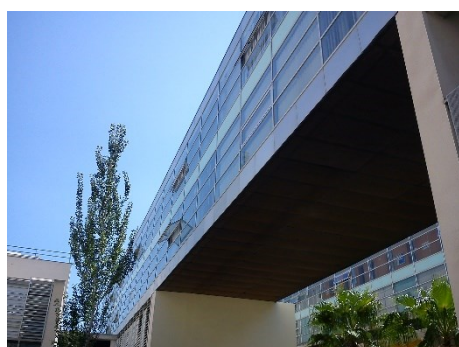


Figura 24. Plano de situación Despachos de Zona Central Plantas 1 y 2

La calificación energética, para los **despachos de la zona central** de los módulos, en general es más desfavorable que los despachos de la zona Oeste, aunque similar.

En general, las *demandas de calefacción* son más favorables en el módulo 1, aunque similares al módulo 3, porque son simétricos.

En cambio, la diferencia en el módulo 2, es que el *suelo* está *en su mayor parte en contacto con el aire exterior*, 92,97 m<sup>2</sup> aprox., mientras que en el módulo 1 y 3, sólo queda libre al exterior, una superficie aprox. de 26,39 m<sup>2</sup>, que corresponde a la separación que existe entre aulas; es decir, la superficie de **suelo en contacto con el aire exterior** de la primera planta del módulo 2, es aprox. 3.5 veces mayor.



Fotografía 2. Suelo en contacto con aire exterior de planta primera Módulo 2

Se observa una gran diferencia en la *demanda de calefacción* de la primera planta del **módulo 2**, con una diferencia de 8% aprox. entre el módulo 1 y 3; y así mismo, una ligera mejora de la *demanda de refrigeración* en los despachos centrales de la primera planta del módulo 2,

con una diferencia de calificación de demanda de refrigeración de 7% aprox. entre el módulo 1 y 2.

En cambio, en la segunda planta, tanto las calificaciones como las *demandas de calefacción y refrigeración* son casi idénticas en los tres módulos, con **calificación C en calefacción**, con demanda de calefacción total, en torno a 40 kWh/m<sup>2</sup>-año, y *demanda total de refrigeración* de 21,60 kWh/m<sup>2</sup>-año.

Sin embargo, existe una mayor *demanda total de calefacción* en la primera planta del módulo 2, de 44 kWh/m<sup>2</sup>-año, y en torno a 40 kWh/m<sup>2</sup>-año en los módulos 1 y 3. Además en este caso, la diferencia de los despachos de la zona Oeste de segunda planta, se obtiene una **calificación E en demanda de refrigeración**, más desfavorable de todo el edificio. La *demanda total de refrigeración* de primera planta del módulo 2, es de 20 kWh/m<sup>2</sup>-año, frente a 21 kWh/m<sup>2</sup>-año del módulo 1 y 3, ligeramente mayor.

Las *pérdidas caloríficas* por **paredes exteriores** del módulo 2 de 11 kWh/m<sup>2</sup>-año, son comparativamente inferiores a las de los módulos 1 y 3, en torno a 12,70 kWh/m<sup>2</sup>-año. En segunda planta sucede lo contrario, la *demanda de calefacción* por **paredes exteriores** del módulo 2, de 14,10 kWh/m<sup>2</sup>-año, es ligeramente superior a la demanda de los módulos 1 y 3, en torno a 13,50 kWh/m<sup>2</sup>-año.

Por otro lado, la *demanda de refrigeración* es ligeramente inferior en el módulo 2, de 2,52 kWh/m<sup>2</sup>-año, comparativamente a los módulos 1 y 3, en torno a 3,15 kWh/m<sup>2</sup>-año. En segunda planta las *demandas de refrigeración* debido a los **muros exteriores** es muy similar, en torno a 2,50 kWh/m<sup>2</sup>-año en los tres módulos.

La *demanda de calefacción* a través de los **suelos** de la primera planta del módulo 2, de 16,44 kWh/m<sup>2</sup>-año, es la más elevada del edificio, superando a los despachos de primera planta de la zona Oeste del edificio. En cambio la *demanda de calefacción por suelos* del módulo 1 es de 7,64 kWh/m<sup>2</sup>-año, resulta como la mitad de la demanda de *los despachos de zona Oeste*; y la *demanda de calefacción* del módulo 3, de 5,55 kWh/m<sup>2</sup>-año, es la menor de todos los despachos del edificio.

Por otra parte, los **suelos** de planta primera generan una *demanda de refrigeración* de proporciones similares que la demanda de calefacción, con una *demanda de refrigeración* a través de los **suelos**, de 3,84 kWh/m<sup>2</sup>-año, superior a los despachos de zona Oeste, 1,85 kWh/m<sup>2</sup>-año en el módulo 1, y 1,35 kWh/m<sup>2</sup>-año en el módulo 3.

En comparación, la demanda térmica debido a los **puentes térmicos**, resulta ligeramente menor en los despachos de zona central que en los despachos de zona Oeste. En la primera planta del módulo 2, la *demanda de calefacción por puentes térmicos* es menor, de 7,90 kWh/m<sup>2</sup>-año, pero en los módulos 1 y 3 es un poco mayor, en torno a 9,20 kWh/m<sup>2</sup>-año. En cambio en segunda planta de los despachos centrales, la *demanda de puentes térmicos* del módulo 2 es ligeramente superior a los módulos 1 y 3, con 10,25 kWh/m<sup>2</sup>-año.

En cuanto a la *demanda de refrigeración por puentes térmicos*, en primera planta del módulo 2 se consigue un ahorro mínimo, casi nulo, de 0,15 kWh/m<sup>2</sup>-año, mientras que en el módulo 3 tiene una *demanda de refrigeración* de 0,39 kWh/m<sup>2</sup>-año, y 0,31 kWh/m<sup>2</sup>-año en el módulo 1.

La *ganancia calorífica* por la **radiación solar** a través de las ventanas es prácticamente idéntica a los despachos de la zona Oeste, en cambio la demanda térmica debido a la **transmisión de las ventanas** es ligeramente diferente. En la primera planta del módulo 2, la *demanda de calefacción por transmisión de ventanas* es de 1,72 kWh/m<sup>2</sup>-año, bastante inferior a las demandas de los módulos 1 y 3, en torno a 2,70 kWh/m<sup>2</sup>-año. En cambio en segunda planta del módulo 2, la demanda por transmisión de ventanas es ligeramente superior al módulo 1 y 3, con 2,73 kWh/m<sup>2</sup>-año.

La *demanda de refrigeración por transmisión de ventanas* de primera planta del módulo 2 es proporcionalmente similar a la *demanda de calefacción*, con menor *demanda de refrigeración* de 0,74 kWh/m<sup>2</sup>-año, frente a 1,40 kWh/m<sup>2</sup>-año aprox. en módulo 1 y 3. En segunda planta la *demanda de refrigeración* en los tres módulos es en torno a 1,60 kWh/m<sup>2</sup>-año.

Comparativamente con los despachos de zona Oeste, en la zona central se observa que un ligero aumento de la demanda térmica debido a las **infiltraciones de aire**, en torno a 44,40 kWh/m<sup>2</sup>-año para primera y segunda planta. En primera planta de módulo 2, la *demanda de calefacción por infiltraciones* es ligeramente menor, de 43,31 kWh/m<sup>2</sup>-año.

En primera planta del módulo 2, se consigue un menor *ahorro en refrigeración* debido a las **infiltraciones** de 8,21 kWh/m<sup>2</sup>-año, mientras que en el módulo 1, se ahorra una demanda de 9,92 kWh/m<sup>2</sup>-año, y en el módulo 3, una demanda de 10,36 kWh/m<sup>2</sup>-año. En segunda planta, en el módulo 2 el *ahorro en refrigeración* debido a **infiltraciones**, es de 11,10 kWh/m<sup>2</sup>-año, y en el módulo 1 y 3, en torno a 11,60 kWh/m<sup>2</sup>-año.

Por último, se observa que las demandas térmicas por **fuentes internas** tanto en refrigeración como en calefacción, son ligeramente inferiores a los *despachos de la zona Oeste*. En torno a 34,70 kWh/m<sup>2</sup>·año en *demanda de calefacción* y en torno a 23,20 kWh/m<sup>2</sup>·año en *demanda de refrigeración*.

## 6.5. ESTUDIO ESPECÍFICO DEMANDA TÉRMICA POR PLANTAS Y PROPUESTAS MEJORA

Partiendo del estudio de la demanda energética más específica por tipos de aulas, se amplía a un **estudio general**, con el que se pretende confirmar los resultados analizados del estudio específico realizado por tipos de aulas, agrupando aulas por sus similitudes, para *generalizar el comportamiento térmico de los espacios* y poder establecer una *toma de decisiones* para la implantación de *mejoras de la eficiencia energética* del edificio, con el que poder hacer un baremo de las soluciones más convenientes y rentables para las necesidades térmicas del edificio a lo largo del año.

Tras el estudio general, se puede estimar con mayor precisión la *variación de las necesidades térmicas* de cada aula tras las modificaciones o mejoras que se planteen, por ejemplo, en cuanto a elementos de *la envolvente térmica, carpinterías, elementos de sombreado, instalaciones de iluminación, de climatización, etc.*

En este caso, se distinguen seis zonas, en las que el comportamiento térmico es diferente, como son la planta sótano, planta baja, los despachos y zona de secretaría en las plantas primera y segunda. Se estudian los aspectos más generales de los resultados de cálculo, como son la calificación de las demandas de calefacción y refrigeración, y la relación entre la *calificación y las demandas totales* térmicas por plantas.

En concreto, se expresa la *relación porcentual* de las variables que determinan las demandas térmicas *respecto de la demanda total neta de cada espacio, tanto en calefacción como en refrigeración*, es decir, las cargas térmicas debido a paredes exteriores, cubiertas, suelos, puentes térmicos, transmisión de ventanas, fuentes internas e infiltración de aire.

Así mismo, para cada planta, se indican las *aulas más favorables y desfavorables* en cuanto a *calificación y la demanda térmica*, y la relación común entre éstas; con lo que finalmente los datos analizados conllevan a *observaciones y conclusiones del comportamiento térmico del edificio*, y a partir de los mismos se estiman indicios de las posibles propuestas de mejora de la eficiencia energética del edificio más adecuadas a estudiar en respuesta a los resultados de demandas térmicas analizadas, pero finalmente se estudiarán las propuestas indicadas en el siguiente capítulo de forma concreta, indicando los motivos por los cuáles conviene su actuación, y seguidamente se calcula y comprueba su ahorro energético generado y su viabilidad económica.



### 6.5.1. DEMANDAS DE CALEFACCIÓN Y SU CALIFICACIÓN POR PLANTAS

Tabla 25. LIDER. Resumen % demandas de calefacción por zonas y su calificación

Zona	Paredes Ext.	Cubiertas	Suelos	Puentes Térmicos	Solar Ventanas	Transmisión Ventanas	Fuentes Internas	Infilt.	Total kWh/m <sup>2</sup>	Calificación Calefacción
Planta Sótano	16,25%	19,25%	6,46%	13,34%	-17,82%	28,02%	-118,98%	169,53%	-56,35	0,85 C
Planta Baja	25,77%	11,73%	0,00%	16,13%	-17,03%	27,30%	-103,09%	140,72%	-59,27	1,12 D
Despachos P1	28,62%	0,00%	29,15%	20,84%	-3,47%	5,20%	-83,27%	102,92%	-41,55	0,84 C
Despachos P2	36,41%	12,78%	0,00%	24,90%	-3,83%	6,54%	-83,60%	106,75%	-42,13	0,80 C
Secretarías P1	43,77%	0,00%	0,00%	36,63%	-91,27%	143,14%	-204,46%	171,44%	-25,13	1,29 D
Secretarías P2	34,99%	32,76%	0,00%	35,68%	-94,95%	108,60%	-191,08%	172,80%	-25,46	1,34 E

Fuente. Cálculos de elaboración propia a partir de resultados de cálculo de LIDER

#### A. PLANTA SÓTANO

En planta sótano, las *calificaciones de calefacción* son más desfavorables cuanto mayor es la *demanda total de calefacción*. En cambio, en planta sótano se obtienen las *calificaciones de demanda de calefacción más favorables del edificio*, cuyos valores de la demanda varían entre 12 y 35 kWh/m<sup>2</sup>-año aprox., para calificaciones que varían entre 0,54 y 0,81.

Las aulas de planta sótano más **favorables** en *calificación* de la demanda de calefacción, en orden descendente son: Lab. invest. Alan Turing, Lab. invest. Niklaus Wirth, EP/S-13I, EP/S-14I, taller de Maquetas, sala de reuniones Claude Shannon, EP/S-02M.

Es decir, los más **favorables** en *demanda de calefacción* son laboratorios y aulas de informática situados en *zona Oeste del edificio*, que tienen en común que están situados entre **divisiones interiores** de aulas, con un **muro de contención de tierras**, están casi siempre a la **sombra** excepto al medio día, tienen las **lamas horizontales cerradas** casi totalmente durante todo el año.

También resultan de los más favorables, las aulas situadas en la *zona Norte del edificio*, pero que tienen las *ventanas orientadas al Sur* y las lamas horizontales a medio abrir, como son el *aula EP/S-02M* y el *Taller de maquetas*.

Los más **desfavorables** son el aula EP/S-04E, el salón de Actos, EP/S-08M, EP/S-05D, Taller de Arquitectura (pecera), EP/S-01D, EP/S-15M, cuyas calificaciones varían entre 0,88 y 1,05, demandas de calefacción varían entre 109 y 63 kWh/m<sup>2</sup>-año aprox.

Estas aulas tienen en común, una **gran superficie acristalada**. Las aulas EP/S-01D y EP/S-15M tienen en común que tienen las **ventanas orientadas al Este-Oeste** y que

reciben **radiación solar** directamente durante las **tardes** por el Oeste, entre el 12 y 10%, porque no tienen un aula enfrente de su fachada Oeste que le genere sombra.

También se observa que tienen en común, elevadas demandas de calefacción debido a **infiltraciones de aire**, en torno al 170% de media, que depende de la ocupación de personas, renovaciones de aire y, a su vez, de la **superficie de ventanas y su permeabilidad al aire**.

En el *Salón de Actos y en el taller de Arquitectura*, además se destaca elevadas pérdidas de calor a través de la **cubierta**, en torno al 27% de la demanda total neta de calefacción.

En el aula EP/S-04E de dos alturas, destaca también las pérdidas de calor a través de las **paredes y puentes térmicos**, entre el 25 y 15 %, respectivamente.

En general, en estas aulas se estima que la calificación y la *demanda de calefacción*, sería más favorable reduciendo la transmitancia térmica de las ventanas, haciéndolas más estancas o simplemente manteniendo las lamas horizontales abiertas más tiempo en periodo de invierno, en las horas en las que incide directamente el sol por las ventanas.

## B. PLANTA BAJA

Las calificaciones de *demanda de calefacción*, son en general la letra D, mucho más desfavorables que en planta sótano, pero por lo general, las calificaciones más desfavorables no coinciden con aulas con mayor demanda de calefacción.

Las aulas más **favorables** en *calificación y demanda de calefacción* varían entre 0,86 y 1,05 para una *demanda total de calefacción*, variable entre 27 y 44 kWh/m<sup>2</sup>-año en las aulas de menor superficie, y entre 70 y 87 kWh/m<sup>2</sup>-año para aulas de gran superficie.

Las aulas más **favorables** son la Sala de reuniones de planta baja, todas las aulas de informática de planta baja, que son EP/0-27I, EP/0-28I, EP/0-29I, EP/0-30I, y las aulas de gran superficie EP/0-18M, EP/0-19D. En general coinciden con las características comunes de las aulas de planta sótano más favorables, pues son aulas ubicadas encima de aquellas.

Las aulas más **desfavorables** en *demanda de calefacción* son *el aula EP/0-23G, EP/0-22M, EP/0-20D, EP/0-21E, EP/0-26M*, también coinciden en la mayoría con las aulas

de gran superficie ubicadas en la zona Este del edificio, con ventanas orientadas al Norte y Sur, gran superficie acristalada, las cuatro paredes en contacto con el aire exterior, aulas donde se genera sombra por el propio edificio.

Se destaca en común con estas aulas, que las *pérdidas de calor* a través de las ventanas son elevadas, en torno al 28%. También se observa una mayor demanda a través de las ***paredes exteriores***, en torno a un 26%, un 10% más que en planta sótano; pero comparativamente, las pérdidas de calor debido a las ***infiltraciones de aire*** no son significativas como en otras aulas de planta baja, en torno al 141%, un 30% menos que en planta sótano.

Por tanto, se estima que la ***sustitución de los vidrios y/o marcos de las ventanas*** de estas aulas generaría una importante reducción de la demanda de calefacción, que sería más notable su ahorro energético en comparación si se modificaran las ventanas de otras aulas del edificio.

También se observa que una de las aulas más **desfavorables** es el *aula EP/0-26M*, situada en la zona Sur del edificio, con ventanas orientadas al Este-Oeste, que recibe radiación solar directamente por las tardes, pero en cambio tiene la mitad de la superficie y está en contacto con otra aula.

En general se observa que las *ganancias caloríficas por radiación solar* son comparativamente inferiores que otras aulas situadas por la zona Sur, por tanto, se estima que podría mejorar su calificación y demandas de calefacción si las ***lamas horizontales*** estuviesen más abiertas durante la tarde y medio día, durante el periodo de invierno.

Las *pérdidas de calor* por ***transmisión de las ventanas*** de las aulas más desfavorables en calefacción de planta baja, también es un factor común, aunque con valores en torno al 27%.

### C. DESPACHOS DE LOS MÓDULOS

Los despachos de primera planta tienen una *calificación de la demanda de calefacción*, en torno a un 7% más desfavorable que la segunda planta, y también más desfavorable los *despachos de la zona Oeste* que en los *despachos de la zona central* de los módulos.

En primera planta, las calificaciones en demanda de refrigeración más **favorables** son de 0,79 a 0,81 con una demanda total de calefacción en torno a 39 kWh/m<sup>2</sup>-año, en los despachos centrales del módulo 3 y 1. En cambio todos los despachos de zona Oeste de los módulos tienen una calificación de 0,86 con demanda total de calefacción en torno a 42,50 kWh/m<sup>2</sup>-año.

Sin embargo, los despachos de zona central del módulos 2 son los más **desfavorables** con una calificación de 0,88 y demanda total de calefacción en torno a 43 kWh/m<sup>2</sup>-año, debido a que tienen 93 m<sup>2</sup> aprox. de *suelo en contacto con el aire exterior*.

Los despachos de segunda planta obtienen todos aprox. la misma calificación y demanda total de calefacción en torno a 0,79 y 0,83 con demanda total de calefacción variable entre 39,50 y 43 kWh/m<sup>2</sup>-año. En este caso también coincide que el **módulo 2** es más **desfavorable** que los otros módulos, tanto en los *despachos de zona Oeste* como en *la zona Central de los módulos*, con una diferencia entre 1-3%.

Los *despachos de zona Oeste de primera planta* tienen en común importantes *pérdidas de calor a través de los suelos*, aprox. del 35% de la *demanda total en calefacción*, aunque se observa que la demanda de calefacción por suelos de los despachos centrales del módulo 1 y 3 es mucho menor, entre un 16%, frente al 37% aprox. del módulo 2.

En los despachos de planta primera también son importantes las *pérdidas de calor* a través de los **muros exteriores**, del 35% y los **puentes térmicos**, del 27% aprox. de la *demanda total de calefacción*.

En cambio, llama mucho la atención que la captación de **radiación solar** a través de las *ventanas de los despachos de los módulos*, es sólo del 4%, y del 6% en pérdidas por **transmisión térmica de las ventanas**. En comparación con las plantas inferiores, las demandas de calefacción debido a **infiltraciones de aire exterior** son más reducidas, en torno a 6% superior de la demanda total de calefacción, y las **fuentes internas** de calor contribuyen un 84% del total.

Se concluye que los despachos tienen elevadas pérdidas térmicas en periodo de invierno a través de los **muros exteriores, puentes térmicos e infiltraciones de aire exterior**, por tanto, se podría plantear reforzar el aislamiento térmico en los muros de la zona de los pasillos y reducir la permeabilidad al aire de las puertas de los despachos,

porque se pierde mucha energía debido a las infiltraciones de aire, aunque según los resultados, de menor proporción que en planta baja y sótano.

Un objetivo podría ser intentar conseguir que la demanda de calefacción debido a la ***infiltración de aire*** se reduzca y sea por lo menos equivalente a las ***fuentes de calor*** generadas dentro de los despachos.

Se cree que una solución sencilla a esto sería instalar un ***burlete*** por el interior de cada despacho de los módulos, con lo cual sella la junta de la puerta con el pavimento y limita considerablemente el paso del aire, con lo que mantiene la temperatura interior por más tiempo y no requiere apenas conectar la climatización por aire.

También se plantea además reforzar el ***aislamiento térmico*** de los muros de los despachos en contacto con los pasillos, mediante paneles de poliestireno extruido de 3 cm, introducidos entre los montantes de madera que soportan y sobre los que están anclados los ***paneles de contrachapado de los pasillos***; es decir, rellenar el hueco existente con aislante térmico entre el contrachapado de madera que reviste los pasillos y el muro de los despachos.

Si el objetivo fuese mejorar al máximo los ***muros exteriores y puentes térmicos*** sin tocar la estética del edificio, se plantea que una posibilidad sería rellenar la cámara de aire de los muros de los despachos orientados al Sur con ***aislamiento térmico*** formado por bolas o perlas de poliestireno expandido con un aditivo que permite que se compacte, una vez introducido el material dentro de la cámara de aire, con una máquina de proyección. Requeriría perforar las paredes en su parte superior, para hacer un orificio por el que pueda introducirse la manguera de la máquina de proyección.

Si se rellenase por completo la cámara de aire de los muros se eliminaría los puentes térmicos debido a la estructura metálica que los atraviesa en vertical y diagonal, y además se estima que las ***demandas de calefacción*** serían muy reducidas porque las ***fuentes de calor*** internas compensarían la ***demanda total de calefacción*** requerida, porque hay que tener en cuenta que las puertas y ventanas apenas generan ***pérdidas de calor por transmisión del vidrio y marcos***.

Por tanto la solución más simple y necesaria sería instalar burletes debajo de las puertas, mientras que la solución integral sería además el relleno de la cámara de aire de los muros exteriores y de los pasillos con aislamiento térmico.

## D. DESPACHOS DE SECRETARÍA Y LABORATORIOS

La *calificación de la demanda de calefacción* de los *despachos de zona de secretaría* de los módulos es de las más **desfavorables** del edificio, pero pese a que su superficie y ubicación es muy similar entre los tres módulos, existen diferencias importantes.

También se observa que la calificación de la demanda de calefacción es más **desfavorable** en segunda planta que en la primera planta, pero en cambio las *demandas de calefacción totales* son sustancialmente inferiores a las de los demás despachos de los módulos.

Los *despachos de secretaría del módulo 3* son los más desfavorables en *demandas de calefacción*, con calificación 1,53 en planta primera y segunda, y *demandas totales de calefacción*, en torno a 31 kWh/m<sup>2</sup>-año.

En cambio el **módulo 2** tiene una calificación de 1,19 en primera planta y 1,28 en segunda planta, con *demandas totales* en torno a 22,50 kWh/m<sup>2</sup>-año.

Por último, el **módulo 1** resulta el más **favorable** de los tres módulos con calificación 1,13 en primera planta y 1,21 en segunda planta, con *demandas totales de calefacción* en torno a 20 kWh/m<sup>2</sup>-año.

Los *despachos de secretaría* tienen en común elevadas *pérdidas de calor* debido a la **transmisión de las ventanas**, en torno al 93%, de menor valor que la captación de **radiación solar**, en torno al 126%; es decir, se capta más calor por radiación solar, que las pérdidas de calor que se generan a través de las ventanas, sin embargo las pérdidas a través de las ventanas son de las más elevadas del edificio.

Las pérdidas por **paredes exteriores** son en torno al 35%, a través de **cubierta** de despachos de segunda planta en torno al 33%. En este caso, se observa que las demandas de calefacción de debido a **infiltración de aire** son en torno al 170% de la demanda total, pero en cambio las **fuentes internas de calor** son en torno al **doble** de la demanda total.

Es decir, en los despachos de zona de secretarías de los módulos hay una pérdida de calor similar a los demás despachos, a través de los **muros, puentes térmicos y cubierta**, pero en cambio, disponen mucha superficie acristalada que consigue captar



importantes fuentes de calor de la **radiación solar**, un 29% más que la pérdida térmica por **transmisión de ventanas**.

Por tanto, se recomienda la sustitución de vidrios y/o marcos de las ventanas por otros de menor transmitancia térmica, aunque en este caso es más relevante la mejora en las aulas indicadas de planta baja y sótano porque aunque las pérdidas netas de calor a través de las ventanas son un poco más reducidas, la superficie acristalada es similar pero la intensidad de uso de las aulas es mayor porque suele haber al menos 25 personas, mientras que en las secretarías suele haber dos personas.

Por otro lado, las pérdidas de calor debido a **infiltraciones de aire** no son tan relevantes como en el resto de espacios del edificio, por lo que no se ve como solución imprescindible reducir la permeabilidad al aire de las carpinterías, porque por otro lado las infiltraciones de aire son favorables para la *reducción de la demanda de refrigeración en periodo de verano*.

## 6.5.2. DEMANDAS DE REFRIGERACIÓN Y SU CALIFICACIÓN POR PLANTAS

Tabla 26. LIDER. Resumen % demandas de refrigeración por zonas y su calificación

Zona	Paredes Ext.	Cubiertas	Suelos	Puentes Térmicos	Solar Ventanas	Trans. Ventanas	Fuentes Internas	Infilt.	Total kWh/m²	Calificación Refrigeración
Planta Sótano	6,65%	8,38%	-8,22%	2,28%	24,72%	4,70%	85,37%	-17,16%	55,56	0,87 C
Planta Baja	3,35%	4,21%	0,00%	1,41%	23,33%	2,51%	83,49%	-17,98%	59,98	0,91 C
Despachos P1	13,89%	0,00%	14,21%	0,31%	4,94%	5,10%	104,83%	-43,35%	21,41	1,43 E
Despachos P2	12,14%	17,46%	0,00%	2,46%	5,07%	7,43%	106,62%	-51,33%	20,74	1,36 E
Secretarías P1	-2,85%	0,00%	0,00%	-1,81%	54,17%	-8,50%	79,36%	-20,64%	70,33	0,76 C
Secretarías P2	-2,14%	1,27%	0,00%	-1,50%	53,99%	-7,15%	77,89%	-22,79%	72,00	0,72 C

Fuente. Cálculos de elaboración propia a partir de resultados de cálculo de LIDER

En general se observa que las aulas más **favorables** en *calificación de la demanda de refrigeración*, tienen gran superficie acristalada orientada al Sur y/u Oeste.

Es decir las más **favorables** son las que tienen mayor demanda debido a la **radiación solar**, pero se observa que al mismo tiempo la *transmisión por las ventanas* es comparativamente menor cuanto más radiación solar.

Por otro lado se observa que cuanto mayor radiación solar o fuentes internas, mayor es el ahorro en demanda de refrigeración debido a la infiltración de aire exterior, es decir, parece todo indicar que la generación de calor en el interior de las aulas, genera al mismo tiempo que recircule el aire y se genere aire fresco de forma natural, por lo que las demandas netas de refrigeración resultan más reducidas que otras aulas.



Es decir, se intuye que hasta una cierta cantidad de radiación solar en las aulas, resulta más favorable, porque hay mayor relación entre las infiltraciones de aire y menor demanda por transmisión de ventanas. Por tanto, se concluye que las **lamas horizontales** son las responsables de regular este efecto térmico y que la inclinación actual de las lamas horizontales favorece sustancialmente la regulación interior de la temperatura en periodo de verano.

También se observa que cuanto más **radiación solar**, se genera más ahorro en demanda de refrigeración a través de los suelos en contacto con el terreno, también se observa una ligera reducción de las demandas debido a las paredes exteriores y los puentes térmicos. En planta baja se observa mucho más intensificado este efecto, pues las demandas por paredes y puentes térmicos se vuelven casi nulas.

En el caso de secretarías sucede que los muros y puentes térmicos favorece incluso al ahorro en demanda de refrigeración, es decir, parece que cuanto más superficie de envolvente térmica expuesta al exterior, es decir al sol, más *ahorro de refrigeración por paredes exteriores y puentes térmicos*, pero en cambio *las demandas netas de refrigeración son mucho más elevadas en proporción*.

Es decir, las aulas con menor demanda de refrigeración, tienen menor radiación solar, y proporcionalmente menos ahorro por infiltraciones de aire. Por tanto, en este caso, si se redujera la permeabilidad al aire de las puertas y ventanas, sería contraproducente porque no se podría refrescar el aire con la ventilación natural del aire infiltrado, pero en cambio la demanda neta de refrigeración sería menor.

Por lo tanto para reducir el calentamiento del aire interior, parece todo indicar que sería necesario aislar más los cerramientos, que en este caso son más que aceptables; controlar el sombreado, que en este caso parece óptimo; o aumentar la ventilación de los espacios.

Se observa que parece favorable que en periodo de verano haya mayor radiación en las aulas por la mañana en dirección Sureste, pero que las lamas horizontales estén cerradas el 75% aprox. para que no aumenten las demandas de refrigeración, es decir, que se contraponga el sol incidente sobre el edificio con la generación de sombra, porque así se genera una recirculación de aire natural, pero esa recirculación de aire se genera cuanto más permeabilidad al aire haya, puede que por eso parece sea favorable en aulas con mayor superficie acristalada bien orientada.

El diseño del edificio en planta baja y sótano parece que responde mejor en refrigeración, porque la recirculación del aire y sombras generadas por el propio edificio lo favorecen, en cambio la mayor actuación debería ser sobre el comportamiento térmico en calefacción. En cambio las plantas primera y segunda los *módulos*, están totalmente expuestos al sol, y el *muro cortina* produce efecto invernadero.

En comparación, cualquier mejora en la envolvente del edificio repercute mucho más en las **demandas de calefacción** que en refrigeración, por lo que para la *mejora de refrigeración* de los módulos, se debería actuar sobre el **sombreamiento y la ventilación natural del aire**, facilitando que el aire caliente acumulado en el interior del edificio se expulse al exterior. La **radiación solar** es casi inevitable, por lo que se debe facilitar la salida fácil del aire caliente en el edificio, pues cuando se expulsa aire caliente, sube y entra aire fresco a través de las escaleras que están siempre en la sombra.

## E. PLANTA SÓTANO

Las aulas de planta sótano con calificación en **demanda de refrigeración** más **favorable** son por orden descendente: el *Taller de maquetas*, EP/S-02M, EP/S-06D, EP/S-07D, EP/S-08M, EP/S-01D, EP/S-03D, con calificaciones variables entre 0,57 y 0,79 y demandas totales variables entre 34,62 y 56 kWh/m<sup>2</sup>·año.

Se observa que las calificaciones más **favorables** en *demanda de refrigeración* coinciden en aulas de zona Norte u Este, de gran superficie construida y acristalada, con ventanas orientadas al Sur/Norte o Este/Oeste, es decir, si entra el sol por una orientación, la otra está en sombra.

*El taller de maquetas*, sólo tiene una superficie de 70,72 m<sup>2</sup> y una *demanda de refrigeración* superior a su *demanda de calefacción*, que en comparación al edificio de referencia, es mucho más favorable.

Las aulas de sótano más **desfavorables** en refrigeración son el taller de Arquitectura (pecera), Laboratorios de investigación Alan Turing y Niklaus Wirth, Sala de Reuniones Claude Shannon, Salón de Actos, el aula de informática EP/S-13I, con demandas totales variables entre 145,51 y 16,88 kWh/m<sup>2</sup>·año.

En general se observa que las aulas más **desfavorables** en refrigeración, son aulas con mucha superficie acristalada pero *orientada al Este*, por lo que reciben **sombra** del propio edificio.

Una explicación lógica es que comparativamente, el aula se comporta térmicamente similar al aula del *edificio de Referencia*, es decir, que para aulas que están casi todo el día a la sombra, comparativamente no hay mejoras significativas en las demandas totales de refrigeración respecto *del edificio de Referencia* de cálculo, porque las demandas de refrigeración debido a fuentes internas de calor son inevitables y corresponden en general, en torno a un 5 o 13% más que la demanda total de refrigeración de estas aulas.

Así mismo, las aulas con mayor **radiación solar** obtienen una calificación en demanda de refrigeración más **favorable**, pero en general la demanda total es superior a las aulas en sombra, pero en las aulas con ventanas orientadas al Sur, su demanda total de refrigeración es superior a su demanda total de calefacción.

También se observa que para estas aulas más desfavorables en refrigeración, las demandas debido a infiltraciones de aire son proporcionalmente de las más elevadas entre un 35%, es decir, en aulas con **poca radiación solar**, proporcionalmente la demanda debido a **infiltraciones de aire** es mucho más elevada que en aulas con mayor radiación solar, pero con un valores muy inferiores comparativamente, pues *la demanda total en refrigeración es más reducida en aulas con menor radiación solar*.

## F. PLANTA BAJA

En aulas de planta baja, las demandas de refrigeración más **favorables** son en *los laboratorios de planta baja, las aulas EP/0-20D, EP/0-17D, EP/0-18M, EP/0-22M*, con *demandas totales de refrigeración* variables entre 56 y 67 kWh/m<sup>2</sup>·año.

En este caso las aulas más **favorables** en refrigeración, coinciden en general con las mismas aulas situadas en planta sótano. Cabe resaltar que los *laboratorios Técnico y de Investigación de planta baja* reciben mucha radiación solar para tan poca superficie útil, entre 46 y 61 m<sup>2</sup> aprox. La demanda debido a la **cubierta**, es en torno a un 5%, con lo cual, resulta *favorable en refrigeración su composición de materiales constructivos*.

El *laboratorio Técnico* tiene las ventanas orientadas al Sur, y el *laboratorio de Investigación* al Oeste. Reciben mucha más **radiación solar** que otras aulas porque están ubicadas en la esquina Noreste del edificio, y el edificio no llega a proyectarle sombra la mayor parte de horas del día.

También se observó que las **lamas horizontales** del laboratorio Técnico orientadas al Sur, estaban medio abiertas y giradas un ángulo de 60 grados aprox., con lo que la demanda de cálculo se ve mucho más elevada.

Las aulas más **desfavorables** en refrigeración de planta baja también coinciden con las aulas desfavorables de planta sótano, pues son todas las *aulas de informática* de la zona Oeste del edificio, y además la *sala de reuniones de planta baja*, que recibe muchísima **radiación solar** durante toda la mañana hasta medio día. Las *demandas totales de refrigeración* varían entre 50 y 70 kWh/m<sup>2</sup>·año, es decir, la demanda total de aulas de calificación en refrigeración desfavorable es inferior a las aulas más favorables.

## G. DESPACHOS MÓDULOS

Las aulas con calificación en demandas de refrigeración más **favorables** en los módulos, son los *despachos de zona de secretaría*, en primera planta con calificación entre 0,70 y 0,80 y demanda de refrigeración en torno a 70 kWh/m<sup>2</sup>·año, y en segunda planta entre 0,66 y 0,75 en torno a 72 kWh/m<sup>2</sup>·año, que supera el triple de su demanda total de calefacción.

Tienen en común que disponen *gran superficie acristalada en la fachada Sur*, pero también parte del muro cortina orientado al Norte, y ventanas de dimensión más reducida

también en fachada Este y Oeste. En este caso, la zona de secretaría del **módulo 3** tiene mayor superficie acristalada y calificación de refrigeración más **favorable** que en el resto de módulos.

En cambio, el resto de los despachos de los módulos, son los más **desfavorables** en *calificación de demanda de refrigeración*. En primera planta la calificación varía entre 1,41 y 1,47 pero con demandas totales de refrigeración en torno a 20,50 kWh/m<sup>2</sup>-año, que supone aprox. la mitad de su demanda total de calefacción.

En segunda planta los *despachos de zona Oeste*, tienen una mejor calificación en torno a 1,30 y demanda total de refrigeración de 22 kWh/m<sup>2</sup>-año, en cambio los *despachos centrales* tienen calificación 1,43 con menor demanda total en torno a 21 kWh/m<sup>2</sup>-año.

Los despachos tienen en general, una *demanda de refrigeración* elevada, debido a los **muros exteriores** del 13%, por los **suelos** en primera planta del 16%, por las **cubiertas** resultan elevadas en torno al 18%; en cambio por *radiación solar y transmisión de ventanas* es en torno al 5%, y debido a los *puentes térmicos* resulta casi nulo, pero favorecen al ahorro de refrigeración.

También destaca que las *infiltraciones de aire* contribuyen al ahorro en demanda de refrigeración un 50% aprox. de la demanda total, y que las **fuentes internas** de calor constituyen aprox. la misma demanda total de refrigeración, es decir, el resto de variables que generan demanda de refrigeración se compensan con las *infiltraciones de aire exterior*.

## H. DESPACHOS DE SECRETARÍA Y LABORATORIOS

Los despachos de secretaría responden térmicamente al contrario, es decir, las paredes exteriores, puentes térmicos y transmisión de ventanas favorecen a la reducción de la demanda neta de refrigeración.

Comparativamente con el resto de despachos, la *radiación solar* genera el 57% de la demanda de refrigeración, y las *infiltraciones de aire* sólo contribuyen a reducir la demanda de refrigeración un 23% aprox. En cambio, las **cubiertas** sólo generan una demanda en torno al 1% de la demanda total de refrigeración, entre 0,57 y 1,36 kWh/m<sup>2</sup>-año.

Por tanto, las *demandas de refrigeración* de los despachos de secretaría, son las más elevadas del edificio porque están expuestas al sol durante todo el día, pero en cambio obtienen las mejores *calificaciones en refrigeración*, porque el *edificio de Referencia* tendría mucha más demanda de refrigeración, con una envolvente térmica de menor resistencia térmica.

En este caso, parece que la calificación “*engaña*”, porque en general para una mayor *demanda de refrigeración*, la calificación es más favorable, en aulas con ventanas expuestas al sol durante la mayor parte del día.

En general, el edificio responde bien térmicamente en demanda de refrigeración porque la envolvente térmica tiene una resistencia térmica aceptable tanto en muros exteriores como en cubiertas, las lamas horizontales reducen considerablemente la demanda de refrigeración, y además las sombras que proyecta propio edificio sobre las ventanas de la mayoría de aulas, favorecen al ahorro en demanda de refrigeración.

También una observación importante es que las aulas exteriores responden bien al equilibrio térmico porque se permite una mayor ventilación a través de las puertas y ventanas.

El sol junto a las sombras que proyecta el edificio generan una corriente natural de aire que alivia la temperatura acumulada en el interior de las aulas.

En cambio, en los módulos no se produce correctamente la ***ventilación natural cruzada*** porque no hay ventanas en el muro cortina que permitan la salida rápida del aire caliente interior.

Existen ventanas de reciente construcción, que tal como se ha comprobado, no contribuyen a una suficiente ventilación adecuada, posiblemente porque su ubicación a media altura no permite la salida del aire caliente interior, sino más bien a la entrada de aire exterior, que en época de verano está aún más caliente.

Por tanto, ***las cajas de escaleras en planta baja y sótano se mantienen frescas*** porque el calor interior de los pasillos de las plantas primera y segunda de los módulos genera una barrera térmica que no permite el flujo natural del aire fresco hacia arriba.

Se propone como solución colocar *aberturas en la parte superior de los muros cortina de los módulos*, es decir, mover las nuevas ventanas de eje horizontal a la parte superior y que las ventanas se abran hacia el interior con manivela en la parte superior.

Los **burletes** que se indicaban como solución para la ***demanda de calefacción***, sería bueno que se pudieran quitar o levantar en periodo de verano, para que quede libre la junta de la hoja con el pavimento, para facilitar la **ventilación cruzada en los despachos de los módulos**.

Es decir, podría ahorrarse importante consumo eléctrico en el aire acondicionado en periodo de verano, porque la corriente de aire estabilizaría la temperatura, y aunque haga calor, se podría estar dentro del confort térmico, el cuál también se favorece porque hay una sola ventana de dimensiones reducidas por cada despacho, con un retranqueo de fachada de 40 cm aprox. y la resistencia térmica de los muros de fachada Sur son aceptables.

Si se combinara el *relleno de la cámara de aire del muro de fachada sur* de los módulos con aislamiento térmico, como solución para demanda de calefacción, más una adecuada colocación de *aberturas del muro exterior* y por otro lado las *ventanas de los despachos abiertas y la junta de la puerta con el pavimento libre*, se podría conseguir que las demandas de refrigeración sean mínimas y que la temperatura se regulase de forma natural, sin imperiosa necesidad de encender el aire acondicionado y cerrar todos las puertas y ventanas.

Es decir, es necesario que haya corriente de aire por el interior de los módulos, incluso sería positivo colocar ***rendijas bajo las puertas de los despachos*** para que pueda entrar o salir indistintamente el aire fresco.

La idea es que el aire entra por las ventanas de los despachos a temperatura ambiente, el aire se queda relativamente encerrado en el despacho, por otro lado el *muro cortina* se calienta como un invernadero por la radiación solar directa y difusa durante todo el día, pero sólo sale aire caliente a través de las ventanas colocadas en su parte superior del muro cortina, mientras que el *aire fresco* se elevaría y redistribuiría por todas las plantas superiores a través de los pasillos exteriores y cajas de escalera.

Al generarse más corriente de ventilación de aire por el interior de los pasillos, parte de esa corriente de aire fresco entra dentro de los despachos por debajo de la puerta, con



lo que el aire de dentro de los despachos entra a temperatura ambiente pero da la vuelta y el aire caliente vuelve a salir de forma natural por la ventana.

La recirculación de aire en los despachos se puede aumentar poniendo **rendijas debajo de la puerta**, que solo puedan abrirse en periodo de verano, y que en invierno queden las puertas estancas.

## 6.6. CONSIDERACIONES DE CÁLCULO DE LA DEMANDA TÉRMICA DEL EDIFICIO EN LIDER-CALENER

A continuación se describen diferentes cuestiones importantes sobre el modelo de simulación del edificio en *LIDER-Calener Vyp*, sus diferentes limitaciones de cálculo tenidas en cuenta, así como otras cuestiones relacionadas sobre el confort térmico, que no se pueden cuantificar mediante estos programas, pero sí hay indicios en cuanto a demandas térmicas detalladas por espacios.

### 6.6.1. LIMITACIONES DE CÁLCULO DE LA RADIACIÓN SOLAR

En las plantas primera y segunda de los módulos, la **radiación solar** se contabiliza sólo en las ventanas orientadas al Sur, pero en la fachada Norte de los módulos, la **radiación solar** a través del muro cortina es descomunal, y no se tiene en cuenta en los cálculos porque el muro cortina está asociado a un *espacio no habitable* que conforma los pasillos exteriores de los módulos.

Cabe decir, que en época de primavera y verano, el módulo 1 sufre mucho más la **radiación solar** por las tardes, que el módulo 2, pues en la realidad queda más expuesto por no tener cortinas tras el muro cortina. Por otro lado, los módulos reciben mucha más radiación solar por la mañana y medio día de forma indirecta, por el reflejo del sol en las paredes del módulo situado enfrente del otro, pero tampoco se contabiliza porque el programa no puede calcular la **radiación difusa**.

Se pretende con el *espacio no habitable de los pasillos*, que se transmita el calor captado por los muros cortina hacia los despachos, a través de las paredes y por infiltración de aire de las puertas de los despachos.

No se sabe con certeza si el cálculo del programa genera la transmisión térmica deseada. En cualquier caso, se estima que las **demandas de refrigeración** pudieran ser

*el doble o incluso el triple de los resultados de cálculo*, porque se genera **efecto invernadero** en época de verano en los pasillos de módulos, por falta de recirculación del aire interior.

En este caso, el espacio no habitable de los **pasillos de los módulos**, se le ha indicado *nivel de estanqueidad 1*, que es el mínimo en *LIDER* y *Calener VyP*, pero no es comparable con que ese pasillo esté completamente abierto al exterior a través de las escaleras que conectan a todas las plantas del edificio.

Las **escaleras** se han considerado como un espacio vertical, con volumen que ocupe las cuatro plantas, aunque por otro lado se han eliminado los *forjados* intermedios entre plantas generadas entre las escaleras, y también se han eliminado los *muros* que estaban en contacto con el pasillo de los módulos y las escaleras.

Por tanto, en este caso por primera vez se pensaba que si se eliminaban los muros de separación entre estos dos espacios no habitables de escalera y pasillo de módulos, habría una *transmisión térmica*, como si de espacios conectados se tratase. En cambio, una vez terminados los cálculos, se sospecha que no se produce transmisión térmica porque *no existen elementos de muros por los que se transmita la temperatura*.

Una **opción alternativa** para simular el efecto térmico deseado y más realista fue considerar que no hay escaleras, es decir, eliminar el hueco de las escaleras y en cambio sustituir el muro de fachada Sur de la caja de escalera, por un *elemento de sombra*.

Esta opción pareció en principio descabellada, porque si se considerase de la misma forma en los *pasillos de los módulos*, no habría ningún muro donde asignarle la *superficie acristalada de muro cortina*, y no se podría saber qué efecto térmico tiene que el muro cortina sea más ventilado, con más protecciones solares o incluso con vidrios de menor emisividad, por ejemplo.

Por otro lado, según los resultados analizados de las *demandas de calefacción* de los módulos, parecen razonables. En este caso, se estima que la *demanda de calefacción* a través de las **paredes exteriores** correspondientes a los *pasillos exteriores* de los módulos sea menor, porque la **radiación difusa** a través del **muro cortina**, mantiene estable la temperatura durante la mañana y medio día, pero a partir de las 5-6 de la tarde, las temperaturas de los pasillos cambian bruscamente en época de invierno.

Así mismo, por ese motivo, se estima que la *demanda de calefacción* debido a ***infiltraciones de aire exterior***, sea en realidad mayor que la calculada por el programa, similar a las aulas de planta baja y sótano, es decir aprox. el doble de la demanda calculada, porque se sospecha que el aire que se infiltra por las puertas no se produce como si el pasillo estuviera *en contacto con el exterior*.

Por tanto, se estima que la *calificación de las demandas térmicas* en los módulos, más ajustada a la realidad, pudiera ser la ***letra F en demanda de refrigeración y D en demanda de calefacción***, es decir, en general una letra superior de la escala de calificación energética calculada. Esta suposición conlleva que las *demandas totales en calefacción y refrigeración* pudieran ser un aprox. un 20% superiores, respecto de las generadas por el cálculo del programa.

En cualquier caso, se sabe que el cálculo de la demanda térmica en *LIDER y Calener VyP* suele ser mucho mayor que la realidad, porque el método de cálculo supone la misma *carga latente y sensible* para todas las horas del día, sin descontar períodos festivos u horarios normales de uso del edificio, acordes con el horario docente en las aulas o de investigación de la zona de despachos de los módulos.

Es decir, en este caso el programa *LIDER y Calener VyP*, se le añade otra limitación de cálculo, pues calcula desde las 7 de la mañana hasta las 22 horas de la noche, según el tipo de horario de 16 horas intensidad media para aulas, e intensidad baja 8 horas para despachos.

Por otro lado el horario de 8 horas comienza a contar desde la mañana hasta principios de la tarde, con lo cual se contabilizan mayormente las horas con más radiación solar por el Sur, pero no la radiación solar directa del Oeste por la tarde.

### 6.6.2. RENOVACIÓN DEL AIRE INTERIOR

A efectos de cálculo en *LIDER* y *Calener*, se han considerado que los espacios del edificio tienen unas *renovaciones de aire*, que son las calculadas según los límites establecidos por el *RITE*.

En cambio, en la realidad no se puede asegurar cuántas renovaciones del aire tienen los espacios, porque depende del promedio e personas ocupando los espacios del edificio, del volumen de los espacios, de la permeabilidad de la carpintería y de la frecuencia de uso de la climatización por aire. Por lo que sería necesario realizar numerosas mediciones *Blower Door*, para conocer con mayor acierto el valor de la renovación de aire de cada espacio del edificio.

Los resultados de cálculo de renovaciones de aire son 2,5 renovaciones por hora de media en el edificio, con lo cual las renovaciones de aire en las aulas varían aprox. entre 2 y hasta 5 veces por hora.

En cambio, si se compara con las renovaciones estándar en *viviendas*, suelen ser entre 3 y 1 renovación por hora o incluso menos, hasta 0,6 o 0,3 en las más eficientes.

También se observa que por defecto, *LIDER* y *Calener* considera 1 renovación por hora para los espacios, si no se modifica, pero el valor de renovaciones de aire es modificable en ***uso terciario***, mientras que en viviendas no.

El valor de *renovaciones de aire* en el cálculo resulta un dato de gran relevancia, por eso se han hecho diferentes **pruebas**. Se ha comprobado que para una *zona climática B4*, como Alicante, a mayor número de renovaciones por hora en los espacios, aumenta considerablemente la demanda térmica, siendo la ***demanda en calefacción*** muy variable, mientras que apenas varía la *demanda en refrigeración*, incluso puede reducirse un poco.

También se observa que a mayor número de renovaciones por hora, valores mayores que 1, se obtiene un resultado más favorable en cuanto a la calificación energética de las demandas térmicas, aunque las *emisiones de CO<sub>2</sub>* son mayores, por un mayor consumo; es decir, la relación del *edificio Objeto* con el *edificio de Referencia* es más favorable a mayor número de renovaciones de aire, aunque por lo general no varía la letra de la calificación.

Según pruebas realizadas, por cada unidad adicional de *renovación de aire* por hora, aumenta la *demanda de calefacción anual* 18,2 kWh/m<sup>2</sup>-año, y en *refrigeración* 0,03 kWh/m<sup>2</sup>-año.

A efectos de calificación energética de las demandas térmicas del edificio, no se observa diferencia en la calificación, porque *varía la escala* en demanda energética anual, con lo cual, el *edificio de Referencia* de cálculo también aumentará la demanda térmica proporcionalmente muy similar respecto del *edificio Objeto*.

Por tanto, se puede que se haya calculado con condiciones de renovación de aire superiores a las reales en ciertas aulas.

En cambio, es probable que se renueve el aire interior con mayor frecuencia que lo calculado, porque cada vez que termina una clase se abren las puertas y a veces también quedan abiertas las ventanas. Estando las puertas y ventanas cerradas, también se infiltra el aire por las rendijas de las puertas, por lo que el aire siempre está en movimiento y renovándose.

En el caso de haberse considerado una *renovación de aire menor*, entre valores de 1 y 2 renov. /hora, se puede esperar que la calificación de la demanda térmica correspondiente, sea un poco más desfavorable que la calculada, llegando a variar una letra en la mayor parte de los espacios, pudiendo resultar *calificaciones de demanda de calefacción* entre calificación D en planta baja y sótano, y calificación F en los módulos; y en cuanto a las *demandas de calefacción*, puede sean, en torno a un tercio o un cuarto inferiores a las calculadas.

De todos modos, el edificio cumple con los límites del CTE de *la demanda de calefacción y refrigeración*, como se puede comprobar en los resultados de cálculo, cuyos valores no resultan tan descabellados como pudiera esperarse antes de realizar este estudio, y la correlación entre demandas térmicas y consumos eléctricos se asemejan a los consumos reales del edificio.

### 6.6.3. INFILTRACIONES DE AIRE EXTERIOR

Por otro lado, las **infiltraciones del aire** por puertas y ventanas favorecen la *ventilación y renovación del aire interior*, pero por otra parte genera muchas pérdidas energéticas que no se pueden controlar y contribuyen significativamente al aumento del consumo energético del edificio.

En periodo de verano, el resultado neto de la *infiltración del aire*, genera más **ahorro en la demanda de refrigeración**, en cambio, en *periodo de invierno* incrementa de forma desproporcionada la demanda de calefacción, llegando a ser comparables la demanda total de calefacción con la demanda de calefacción debido a las infiltraciones de aire exterior.

Según los cálculos de relación proporcional de demandas térmicas por infiltraciones respecto de la *demand total*, la **demand de calefacción** por *infiltraciones de aire exterior* en planta sótano es un 70% mayor que la demanda neta total de calefacción, en planta baja un 40% superior, en primera y segunda planta de los módulos un 27%, y el promedio general en el edificio un 42% superior.

En cambio, la contribución al ahorro en **demand de refrigeración** que genera la *infiltración de aire exterior* en periodo de verano, respecto de la demanda total en refrigeración, es de 18% en planta baja y sótano, y de 37% en primera y segunda planta de los módulos, es decir, las infiltraciones de aire contribuyen un 28% en todo el edificio.

## 6.7. CONFORT TÉRMICO EN RELACIÓN CON LAS COSTUMBRES DE USO DEL EDIFICIO

En este apartado se pretende comentar la influencia de la infiltración de aire, las renovaciones de aire de las aulas, las sensaciones del aire acondicionado, en relación al confort térmico, es decir, sensaciones objetivas producidas por el cambio de temperatura del aire, velocidad del aire, y subjetivas como la actividad metabólica, vestimenta, etc.

Cuando las aulas están ocupadas, la costumbre es dejar las ventanas y puertas cerradas, principalmente por evitar el **ruido** o el paso de las personas alrededor.

En esas condiciones, el aire sólo se puede renovar a través de las **infiltraciones** de las puertas y/o impulsando aire primario extraído de los pasillos de las aulas mediante las **máquinas de aire acondicionado** situadas sobre el falso techo.

El *sistema de climatización de aire* sólo impulsa aire al interior de los espacios, no tiene conductos de salida al exterior, tiene unas rejillas de retorno que devuelven el aire interior a los mismos conductos, para impulsarse de nuevo a temperatura.

Por experiencia y años de estudio en las aulas del edificio, se puede decir que **el aire se vicia** con la respiración de las personas, si no se abren las ventanas, puertas o se enciende el aire acondicionado. En un aula de tamaño medio de aprox. 85 m<sup>2</sup>, a las cuatro horas de clase y un promedio de veinte personas, el aire interior queda totalmente viciado.

*La calidad del aire interior* es indirectamente un factor importante en el **rendimiento académico** de los alumnos. Algunos profesores observan que sus alumnos prestan más atención entre la primera media hora y la hora desde el comienzo de una clase, y que pasado ese tiempo la gente presta menos atención o es menos productiva.

El **aire viciado** provoca cansancio prematuro, adormecimiento o molestia, y consecuentemente pérdida de atención y disminución de la productividad. Por eso, es costumbre la salida para descansar cada dos horas aprox.

Según el planteamiento del edificio, es inevitable el movimiento y la relación de las personas por el edificio, porque todos los espacios están conectadas entre sí por largos pasillos abiertos al ambiente exterior.

El *movimiento, la entrada y salida de las personas entre los espacios del edificio*, genera una inestabilidad térmica en las personas, porque suele haber diferencias de temperatura entre 5°C aprox. entre el aire interior y exterior, en periodos de verano e invierno. Es decir, se pierde el **confort térmico** con el frecuente cambio de temperatura, por tanto, el cuerpo de las personas tarda más tiempo en aclimatarse.

Esta sensación de *inestabilidad térmica*, se nota sobre todo en **invierno** y en los **días lluviosos**. En **verano** se nota menos porque la temperatura suele ser parecida tanto dentro como fuera, y se calma rápidamente con el aire acondicionado.

Por otra parte, no hay costumbre de *conectar manualmente el aire acondicionado*, es decir, las personas se acomodan térmicamente, al pasar más de media hora dentro del espacio, con el propio calor humano, la iluminación artificial o natural y/o los equipos electrónicos que estén funcionando.



Por costumbre ***se renueva el aire dejando las puertas abiertas*** de las aulas cuando no hay nadie, pero la temperatura interior se iguala rápidamente a la exterior; es decir, cada vez que las personas ocupan un espacio, se debe reiniciar su acondicionamiento térmico, ya sea con las *fuentes de calor internas*, o con el uso de la *instalación de climatización*, para acelerar el cambio de temperatura deseado.

Otro inconveniente es que la ***calefacción y refrigeración por aire*** impulsa el aire a través de una rejilla horizontal, situada en la pared opuesta a la pizarra.

Para que el aire se redistribuya, el aire sale fuerte, con lo que el aire llega de frente al profesor, y para los alumnos, de espaldas o de rebote de frente en las tres primeras filas del profesor. A la larga, el aire de la climatización puede molestar al respirar o incluso afectar a la ***sequedad de las mucosas***.

En invierno, el aire caliente en la cabeza genera sensación de *hinchazón de la cabeza*, y si el aire se impulsa continuamente, puede producir *adormecimiento o dolor de cabeza*; por lo que poco después se desconecta el aire, aunque se siente el frío de nuevo tras media hora, si la ocupación del aula es menos de la mitad.

Si el alumno se sienta en clase cerca de las ventanas o alineado a la entrada de la puerta, se siente una ***corriente de aire frío*** que recorre el aula y entra del exterior por las *juntas de debajo de las puertas*.

La ventaja del clima de la zona de Alicante, es que suele hacer buena temperatura todo el año, con lo cual, la pérdida de confort térmico se puede reducir a cuatro meses en periodo de *invierno*, entre los meses de Noviembre a Febrero porque hace *frío*, y a dos meses de periodo de *verano*, entre los meses de Junio y Julio porque hace *mucho calor*.

El resto de meses del año, la temperatura y humedad del aire se puede considerar dentro de los límites de *confort térmico*.

En general, el calor se soporta mejor que el frío. Además el aire frío de aire acondicionado molesta menos que el aire caliente, porque mantiene la cabeza más fresca que las piernas. De todas formas, el aire acondicionado continuado puede provocar problemas de garganta o respiratorios, si se vive muchas horas diarias en el edificio.

La mayor molestia es pasar frío dentro de las aulas o despachos, incluso estando abrigado, y salir al ambiente exterior para ir al aseo o cambiar de aula, por ejemplo.

### 6.7.1. CASO PARTICULAR DE LOS MÓDULOS DE PLANTA PRIMERA Y SEGUNDA

Los módulos de la planta primera y segunda del edificio tiene de particular que su forma es alargada, con despachos con ventanas de tamaño reducido orientadas al Sur y por la fachada Norte dispone de muro cortina que ilumina el pasillo longitudinal que conecta con todos los despachos de la misma planta. Sus accesos son dos escaleras que conectan desde la planta sótano hasta la planta segunda y están abiertas al exterior desde las plantas inferiores.

Desde el punto de vista térmico, presenta una serie de problemas. En principio, los pasillos en contacto directo con el aire exterior generan elevadas demandas térmicas en los despachos, que triplican las demandas térmicas de aulas de planta baja y sótano, porque provocan que la temperatura del aire interior de los despachos se iguale con la temperatura exterior con mayor rapidez. Por tanto, en comparación con las aulas, la diferencia térmica al salir del despacho no es tan brusca como en las aulas.

Por un lado, los despachos tienen la **ventaja** que en *otoño e invierno*, la temperatura se mantiene más estable entre media mañana y medio día, debido a la **radiación difusa** reflejada por los muros del módulo de enfrente, a través del *muro cortina*.

En cambio, la **desventaja** es que los módulos son muy susceptibles al cambio de temperatura exterior. Se observa que al atardecer, las temperaturas cambian bruscamente, y cuando se ocupa un despacho a primera hora de la mañana o simplemente está desocupado un tiempo breve, es casi obligado el uso de la climatización tanto en verano como en invierno, ya sea porque hace *mucho calor o frío*.

La gran problemática que presentan los módulos y que no se puede controlar, es que en *periodo de verano*, el **calor es insoportable**, porque *se acumula el calor* por la mañana por **radiación difusa**, y además por la tarde, por **radiación directa** del sol a través del muro cortina de los pasillos, que están no están totalmente orientados al Norte, sino 17 grados hacia el Oeste.

Por lo tanto, el módulo 1 queda totalmente expuesto al sol por las tardes de primavera y sobre todo en verano. Para limitar la radiación difusa, en módulo 2 y 3 se han colocado **cortinas** tipo lamas verticales traslucidas de color azul y blancas, que consiguen reducir ligeramente la transmisión de calor solar.

En época de primavera y verano, en los módulos se produce **efecto invernadero** porque el muro cortina no permite la suficiente ventilación del aire interior, las ventanas de los despachos no se abren para evitar se pierda el frío generado por los fan-coils situados sobre su puerta; con lo cual, la única ventilación se produce a través de las **escaleras**.

Por tanto, el problema es que el aire caliente acumulado en los pasillos de los módulos no puede ventilar por las escaleras, porque según las leyes de termodinámica, el aire caliente tiende siempre a elevarse y no puede descender por las escaleras. En todo caso el aire caliente sube hasta el techo, y si descende es por exceso de aire caliente.

En cambio, en las escaleras de planta baja y sótano siempre se mantienen con cierta frescura, que no se transmite a través de los pasillos de los módulos.

El aire fresco pudiera elevarse a través de las escaleras si hubiera suficientes aberturas al exterior por el muro cortina, en su parte superior, generándose una ventilación cruzada de forma natural, sin necesidad de maquinaria de ventilación forzada.

Como solución provisional, por petición del profesorado, recientemente se han instalado en los muros cortina de los tres módulos, ocho ventanas por planta con eje **horizontal y abertura hacia el exterior** ubicados a la altura de la cintura; las cuales permiten la ventilación de los pasillos, pero lamentablemente por su altura ubicada y sentido de apertura, no son totalmente efectivas para la evacuación del aire caliente en periodo de primavera e invierno, porque las ventanas obstaculizan la salida del aire interior porque se aumenta la altura de descenso del aire caliente desde el techo mas la altura de la ventana, y además facilita la entrada de aire exterior, que en periodo de verano está más caliente.



Fotografía 3. Ventanas Muro Cortina en Módulos Planta Primera y Segunda

Se ha comprobado cuando se realizaron mediciones de carpintería, a finales del mes de Julio, que al abrir la ventana del muro cortina, se notaba en la mano una entrada turbulenta de aire muy caliente del exterior. La turbulencia puede indicar que entra y sale aire caliente al mismo tiempo por la abertura de la ventana.

Por tanto, para que pudiera salir el aire caliente interior acumulado en los pasillos de los módulos, se sugiere que las ventanas se coloquen en la parte superior de los muros cortina, se abran hacia adentro y el tirador esté en la parte alta, para que el aire caliente pueda salir directamente al exterior y el aire fresco suba de forma natural por las escaleras del edificio, desde el sótano o planta baja, que están siempre a la sombra.

Como referencia, la abertura de las ventanas de eje horizontal de las secretarías en este sentido parecen las más correctas para permitir la salida del aire caliente al exterior.

Se entiende que no es fácil poner las ventanas horizontales en el muro cortina en la parte superior, porque el falso techo descuelga 50 cm aprox. por el muro cortina, entonces sería complicado abrir la ventana y debería hacerlo siempre alguien alto porque estaría la manivela de la ventana situada a 2,60 metros de altura aprox. Lo ideal sería una compuerta de ventana que abriera y cerrara automáticamente según la presión de aire interior de los pasillos.

Si se hubieran colocado las ventanas en la parte superior, con tirador o manilla hacia el interior y en la parte superior de la ventana, se podrían haber ahorrado poner los perfiles metálicos horizontales entre montantes del muro cortina, que hacen de elemento de barrera contra caídas de altura hacia el exterior.

### 6.7.2. MODELADO DE LA ZONA DE DISTRIBUCIÓN DE LOS MÓDULOS

Durante la generación geométrica en *LIDER*, se hizo un cálculo de prueba intermedio, para comparar los resultados de demandas térmicas en las plantas primera y segunda, entre dos modelos, en el que uno se une los espacios de escaleras y ascensores, para conectar con el pasillo de los módulos, eliminando los muros y suelos que dividen los espacios que se pretenden conectar.

El resultado aunque parezca contradictorio, es que al conectar los pasillos de los módulos de planta primera y segunda directamente con el exterior mediante las escaleras, se requiere una menor demanda anual en calefacción, en torno a un 5,29 % de variación, mientras que en refrigeración varía un 0,03%.

La diferencia entre la demanda anual de calefacción y refrigeración es mínima, de un 0,8%, mientras que la diferencia de cargas punta de calefacción respecto a refrigeración es de un 105,64%. El resultado es una mejora generalizada en una letra de calificación energética en Calefacción para la gran mayoría de espacios de los módulos, con lo cual,

el resultado promedio del edificio para calificación de la demanda en calefacción, pasa de una D a una C, rozando al límite entre una calificación y otra.

La diferencia de cálculo que más se detecta es la **pérdida de calor por paredes exteriores**, se reduce de 30,6 a 21,3 kWh/m<sup>2</sup>-año en la secretaría y laboratorios de cabecera del módulo 3, primera planta.

Por otro lado, aunque se reduzca la pérdida energética por paredes exteriores, al conectar las escaleras con los pasillos de forma que son espacios conectados al aire exterior, se requiere **mayor demanda en calefacción por transmisión de puertas e infiltración de aire exterior** por las mismas, en torno a un aumento de 1,5 a 2,5 kWh/m<sup>2</sup>-año; pero el resultado neto es más favorable.

En cuanto a demanda de refrigeración no se aprecia gran diferencia, pero sí se observa que la infiltración de aire es la única variable de cálculo que favorece la reducción de la demanda en refrigeración de los despachos. En general se observa según resultados, que los espacios requieren mucha más ventilación de la que disponen por sus aberturas al exterior e infiltraciones de aire de ventanas, muro cortina y puertas.

Por otro lado, el programa genera normalmente un error de cálculo en el volumen de los espacios unidos verticalmente. En este caso para las escaleras y ascensores, el programa indica al unir los espacios, que el espacio resultante tiene una altura menor a dos plantas de 6,3 metros de altura aprox., es decir, como si existiera un **forjado ficticio por cada planta**, en vez de un mismo espacio libre en toda la vertical.

Por tanto, se debe corregir forzosamente mediante *bloc de notas* la estructura del fichero de *LIDER*, e indicar que el espacio unido tiene un el volumen total de las escaleras correspondiente a su superficie en planta por la altura total del edificio de 14,20 metros.

Finalmente se decide modelar los módulos uniando espacios, porque parece una solución más adecuada, pero se observa que el eliminar paredes y suelos entre espacios, el programa no calcula ninguna transmisión térmica porque no existe cerramiento que computar.

Tras finalizar el estudio energético de este proyecto y su análisis en *Calener GT*, se prueba un segundo modelo en el que no se elimina la pared que separa el espacio de los pasillos con la escalera, pero se inserta en estos muros una nueva ventana que abarque toda la superficie del muro, con ventanas compuestas por vidrio y sin marco, con

propiedades térmicas que intenten simular el aire, con un espesor mínimo de permite el programa. Además, se elimina el espacio de los pasillos y se deja sin cerrar con un elemento de sombra, sólo para realizar la primera comprobación, según se puede observar en la siguiente figura.

Realmente la propuesta es una especie de truco para intentar simular que el vidrio que tapa por completo el muro del modelo, que separa la escalera y el pasillo, se comporta como el aire o como si no existiese cerramiento, pero *que haya transmisión térmica*.

En concreto se ha creado un hueco con permeabilidad al aire de  $500 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ , a máxima que permite *LIDER*, y porcentaje de marco 0%, con vidrio con transmitancia térmica  $0,02 \text{ W/m}^2\text{K}$  y factor solar 1.

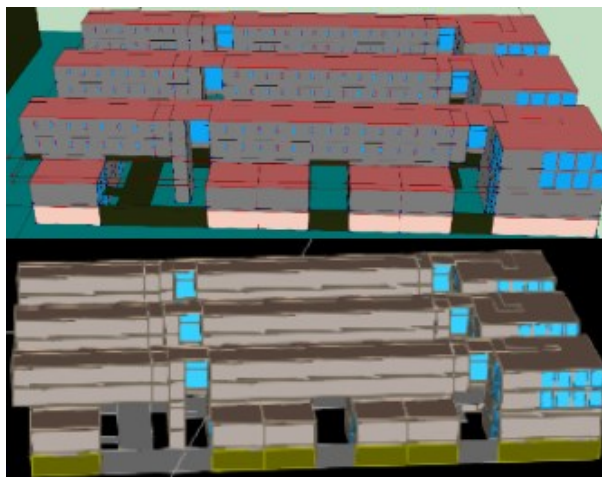


Figura 25. Modelado de prueba para pasillos de los módulos en *LIDER* y *Calener GT*

Se modela en *LIDER*, volviendo a crear los muros pero a través de la edición manual del fichero en bloc de notas, porque la modelación de forma gráfica supondría eliminar la mayoría del edificio y comenzarlo de nuevo, debido a su dificultad de manipulación y estricto proceso de generación geométrica.

Finalmente se exporta a *Calener GT* y se edita el fichero de *Calener GT* en bloc de notas, sustituyendo la estructura completa del fichero que define la geometría del edificio dentro del fichero del modelo previo de cálculo de *Calener GT*, manteniendo los apartados del fichero que definen las configuraciones de espacios, horarios y climatización, etc.

Se realiza el cálculo en *Calener GT* con el nuevo modelo y los resultados son un aumento del consumo de energía eléctrica final de  $17.809,4 \text{ kWh/año}$ , que corresponde a una variación del 4%, siendo las calificaciones las mismas en los dos modelos. En cuanto a los índices de demandas térmicas, energía primaria y emisiones de  $\text{CO}_2$ , son prácticamente iguales, aunque con un decimal mayor que el modelo previo.



Se observa que la demanda de refrigeración del edificio aumenta de 103 a 108 kWh/m<sup>2</sup>año y la demanda de calefacción se reduce de 105,2 a 103,4 kWh/m<sup>2</sup>año, aunque hay que tener en cuenta que la superficie no acondicionada de cálculo se ha reducido aprox. 130 m<sup>2</sup> al eliminar los espacios de las escaleras.

Como las diferencias son mínimas o despreciables entre los dos modelos, se estima que si después se colocasen sombras que formasen los muros de las escaleras de fachada sur, los resultados serían prácticamente iguales.

Por tanto, tras el duro trabajo de modificación del segundo modelo de prueba y las mínimas diferencias de resultados de cálculo, se determina que el modelado de los pasillos y escaleras de los módulos está mejor resuelto como se ha calculado finalmente en el proyecto, descartando la incertidumbre inicial de si se hubiese modelado con el segundo modelo hubiera una mayor demanda térmica desproporcionada.

Es decir, se temía que el modelo fuese erróneo debido a los pasillos de los módulos y que la demanda térmica calculada estuviera reducida, porque en principio se esperaba que las demandas térmicas y consumos fuesen incluso más desfavorables que los calculados. Pero se confirma tras las múltiples comprobaciones que el primer modelo es el acertado y se mantienen los resultados finales generados en *Calener GT*, que se exponen con detalle a continuación.

Para más detalle y comprensión del proceso de generación geométrica en *LIDER*, consultar el **ANEXO B.4. Definición Geométrica del edificio en LIDER**.



## 6.8. DEMANDA ENERGÉTICA Y CARGA HVAC DEL EDIFICIO EN CALENER GT

Una vez realizado el estudio energético mediante *LIDER-Calener VyP*, se calcula también mediante *Calener GT* con la finalidad última de conocer los consumos eléctricos de cálculo del estado actual del edificio, pudiendo afinar en los parámetros de cálculo mucho más que en *LIDER-Calener VyP*, intentando ajustarlos al uso real del edificio.

Independientemente de obtener la calificación energética, consumos de energía y las emisiones de CO<sub>2</sub> que emitiría el edificio al año debido al consumo energético, es posible conocer con detalle las demandas térmicas, cargas punta y horas de funcionamiento mensuales de cálculo del edificio, según la configuración definida en el mismo mediante *Calener GT*.

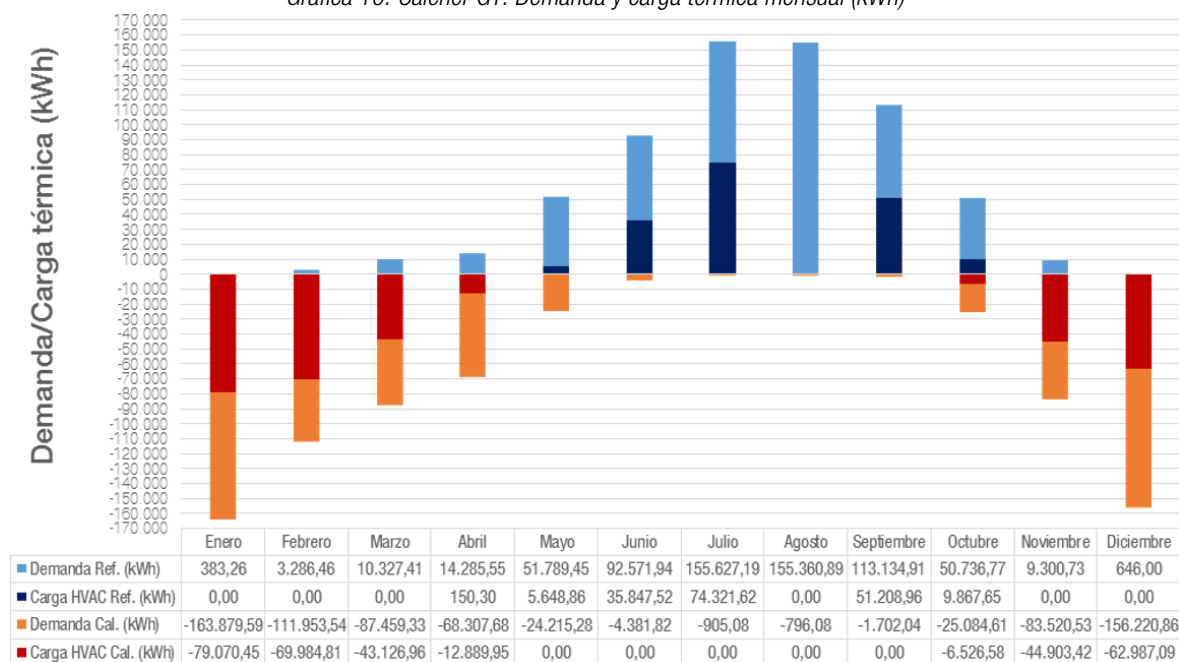
Por tanto, se puede realizar una comparativa de resultados de cálculo entre *LIDER-Calener VyP* y *Calener GT*, evidentemente siendo los resultados de *Calener GT* mucho más ajustados al uso del edificio, a las demandas térmicas del edificio y cargas térmicas de la instalación de climatización; y en definitiva una serie de condiciones de cálculo que conducen a unos resultados de consumos energéticos, que se ajustan mucho más a los consumos reales del edificio registrados mensualmente por la Universidad de Alicante, como se puede comprobar en el siguiente subcapítulo.

A continuación, muestran los resultados de generales cálculo del edificio en *Calener GT*, en cuanto a resultados generales mensuales de demanda térmica y carga punta, así como el desglose de variables de cálculo que conforman éstos; extraídos estudiando en profundidad el fichero de registro de cálculos de simulación de *Calener GT*, que se genera tras realizar el cálculo en la carpeta donde se ubica el fichero del proyecto, con extensión *\*-usu.SIM*.

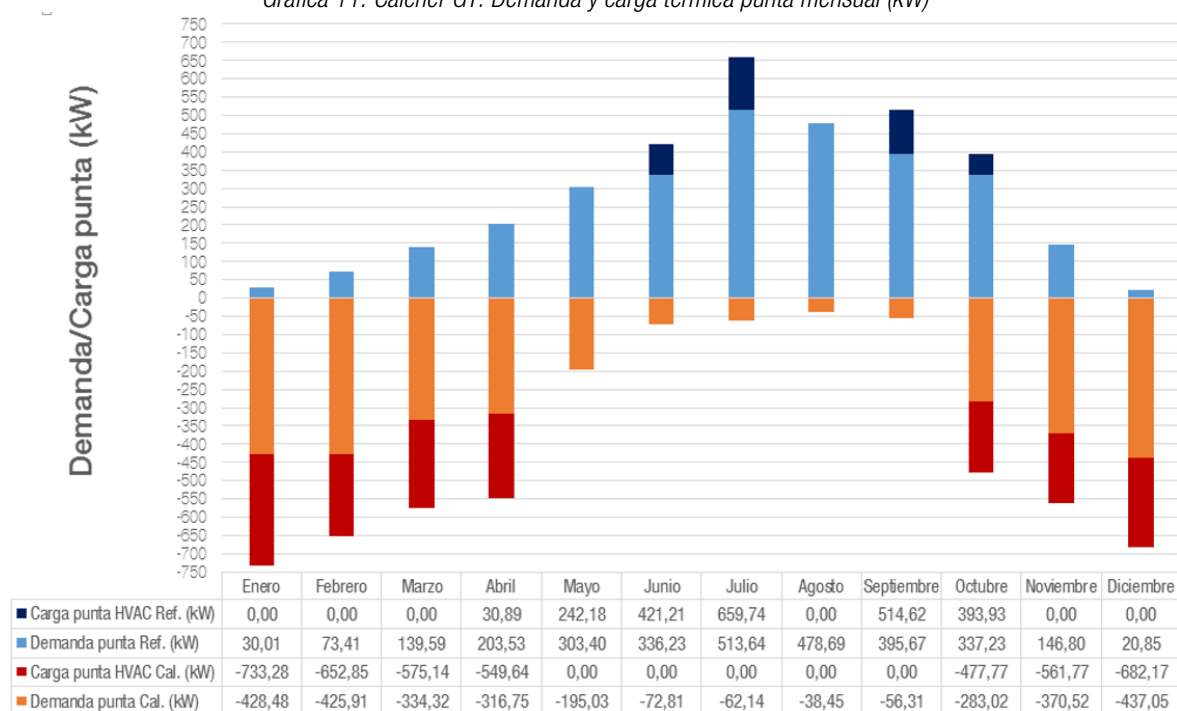
Concretamente los datos siguientes se han extraído del apartado *REPORT- LS-D Building Monthly Loads Summary*, para las cargas térmicas mensuales y punta; el apartado *REPORT- LS-F Building Monthly Load Components*, para las cargas térmicas mensuales desglosadas; el apartado *\*\*\* BUILDING \*\** para los resultados totales generales de la demanda térmica del edificio; el apartado *REPORT- SS-D Building HVAC Load Summary*, para las cargas del sistema de climatización del edificio; y el apartado *REPORT- SS-E Building HVAC Load Hours*, para las horas de funcionamiento del sistema de climatización del edificio.

Comparativamente los resultados desglosados de *Calener GT* son muy similares entre los de *LIDER-Calener VyP*, pero tiene otros parámetros de cálculo, como son los datos climatológicos, el viento, radiación solar, etc., además de que se observa que no computa los *puentes térmicos*, es decir, no se consideran discontinuidades de la envolvente térmica. Se compara en primer lugar la demanda térmica del edificio, y su carga térmica según el funcionamiento de la instalación de climatización.

Gráfica 10. *Calener GT*. Demanda y carga térmica mensual (kWh)

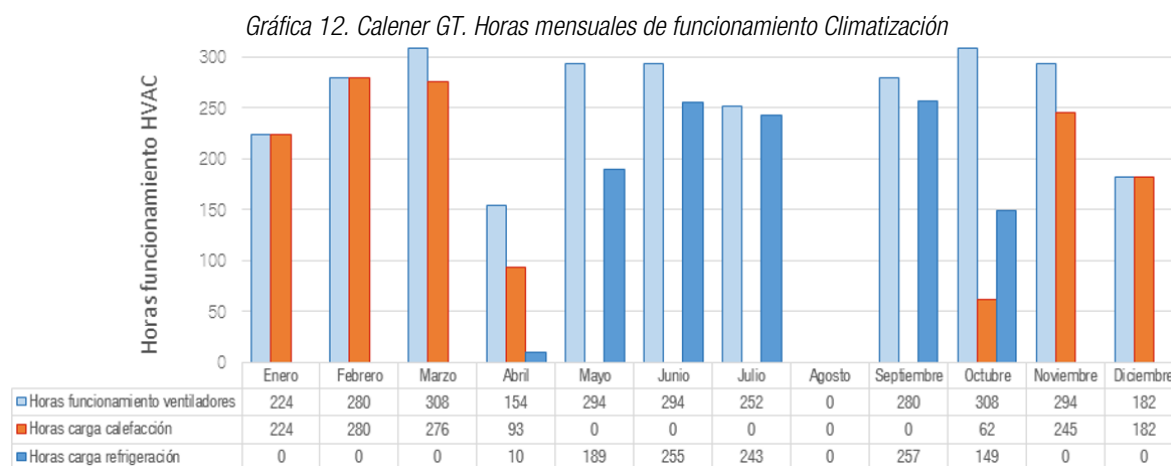


Gráfica 11. *Calener GT*. Demanda y carga térmica punta mensual (kW)



Fuente: Elaboración propia a partir de resultados de cálculo de *Calener GT*

6. ESTUDIO ENERGÉTICO DE LA ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR IV UNIVERSIDAD DE ALICANTE



Fuente: Elaboración propia a partir de resultados de cálculo de Calener GT

La carga térmica HVAC por horas es menor que la demanda térmica total, pero la carga punta HVAC es mayor que la demanda punta mensual. Se observa también que teóricamente existe una ligera demanda de refrigeración en los meses de invierno y demanda de calefacción en los meses de verano, pero evidentemente no se satisface la demanda por la instalación de climatización, como se puede comprobar, y tampoco en Agosto.

La diferencia de demanda térmica y carga térmica por horas se debe a que el edificio siempre tiene demanda térmica pero no se usa durante la noche ni los fines de semana y festivos, por lo que la instalación de climatización no permanece siempre disponible.

Por otro lado, la carga punta de la instalación de climatización en periodo de verano resulta superior que la demanda punta del edificio en los meses de mayor demanda, aunque en los meses de Abril y Mayo la carga HVAC es inferior a la demanda punta.

En cambio, la carga punta HVAC en periodo de invierno es claramente superior a la demanda punta, entorno a un tercio de la demanda de calefacción.

Estos resultados parecen indicar que la instalación de climatización del edificio dispone de maquinaria potente, de forma que cuando está en funcionamiento, su capacidad de carga térmica es superior a la demandada, y por tanto consume más de lo necesario para servir aire caliente o frío.

También se debe a que el edificio dispone de instalación de climatización centralizada que da servicio a muchos espacios, pero según el uso de cada aula o despacho, puede haber mayor o menor demanda, de forma que para dar servicio a los

espacios que demanden aire frío o caliente, la instalación productora (bombas de calor) estará en funcionamiento aunque no haya demanda simultánea en las unidades terminales (fan-coils) para todos los espacios del mismo circuito de la instalación.

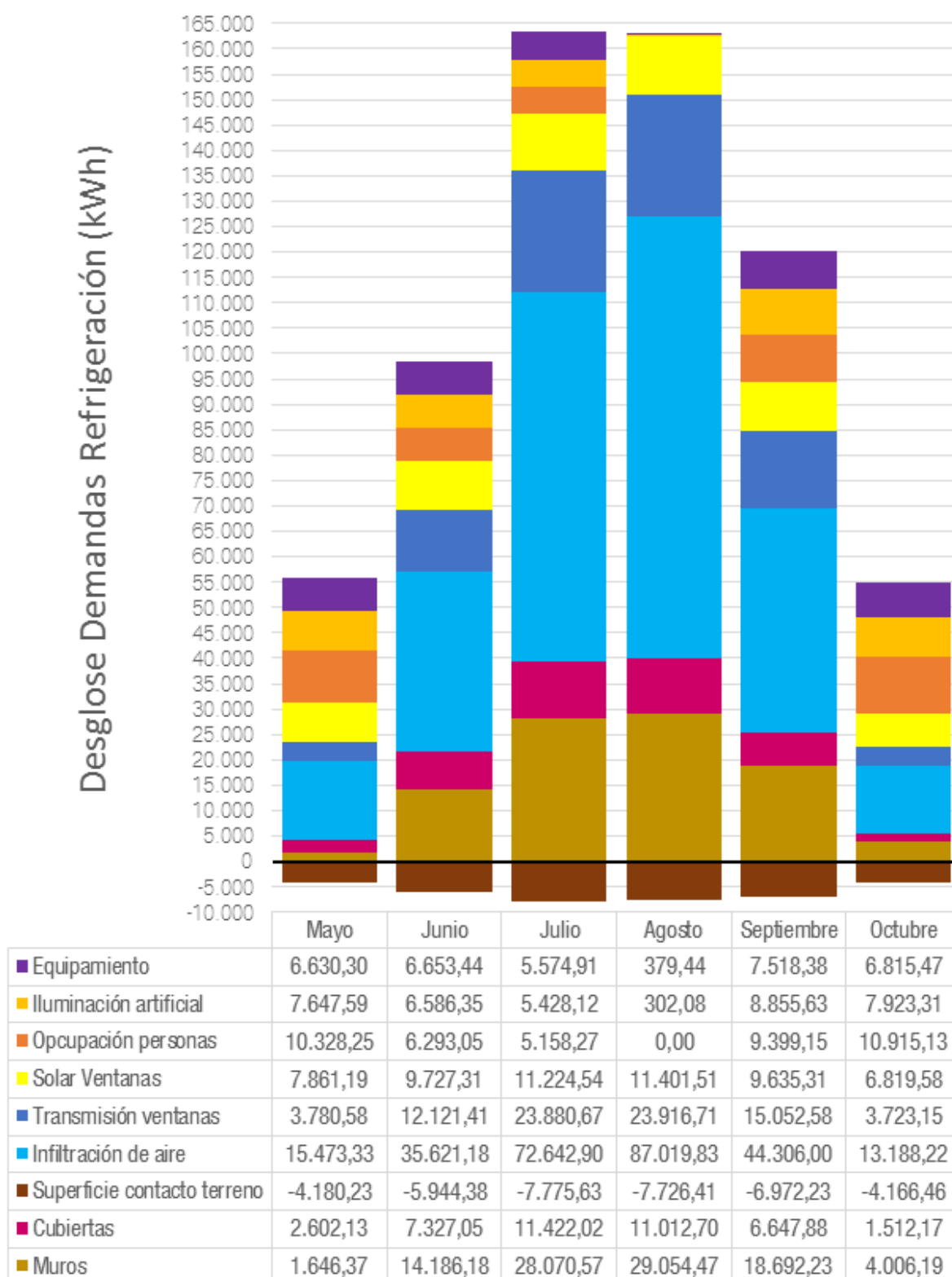
En este caso, se confirma comparando a los resultados comentados anteriormente en *LIDER-Calener VyP*, que el edificio tiene una mayor demanda térmica en calefacción, aunque según *Calener GT*, en los meses de periodo de verano, la demanda en refrigeración es similar a las demandas máximas de los meses de invierno.

Como información extra, se aporta las horas mensuales de funcionamiento de la instalación de climatización tanto para servicio de calefacción como de refrigeración, para una mayor comprensión de los resultados de cálculo de las cargas térmicas HVAC.

En segundo lugar, se desglosan los resultados de cálculo de las demandas térmicas de iluminación, equipamiento, ocupación, radiación solar por ventanas, transmisión térmica de ventanas, infiltración de aire, cubiertas, muros y superficie en contacto con el terreno, para los meses en los que hay mayor demanda en calefacción y refrigeración, siendo en este caso el periodo teórico de Verano de Mayo a Octubre, y el periodo de invierno, de Noviembre hasta Abril.

6. ESTUDIO ENERGÉTICO DE LA ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR IV UNIVERSIDAD DE ALICANTE

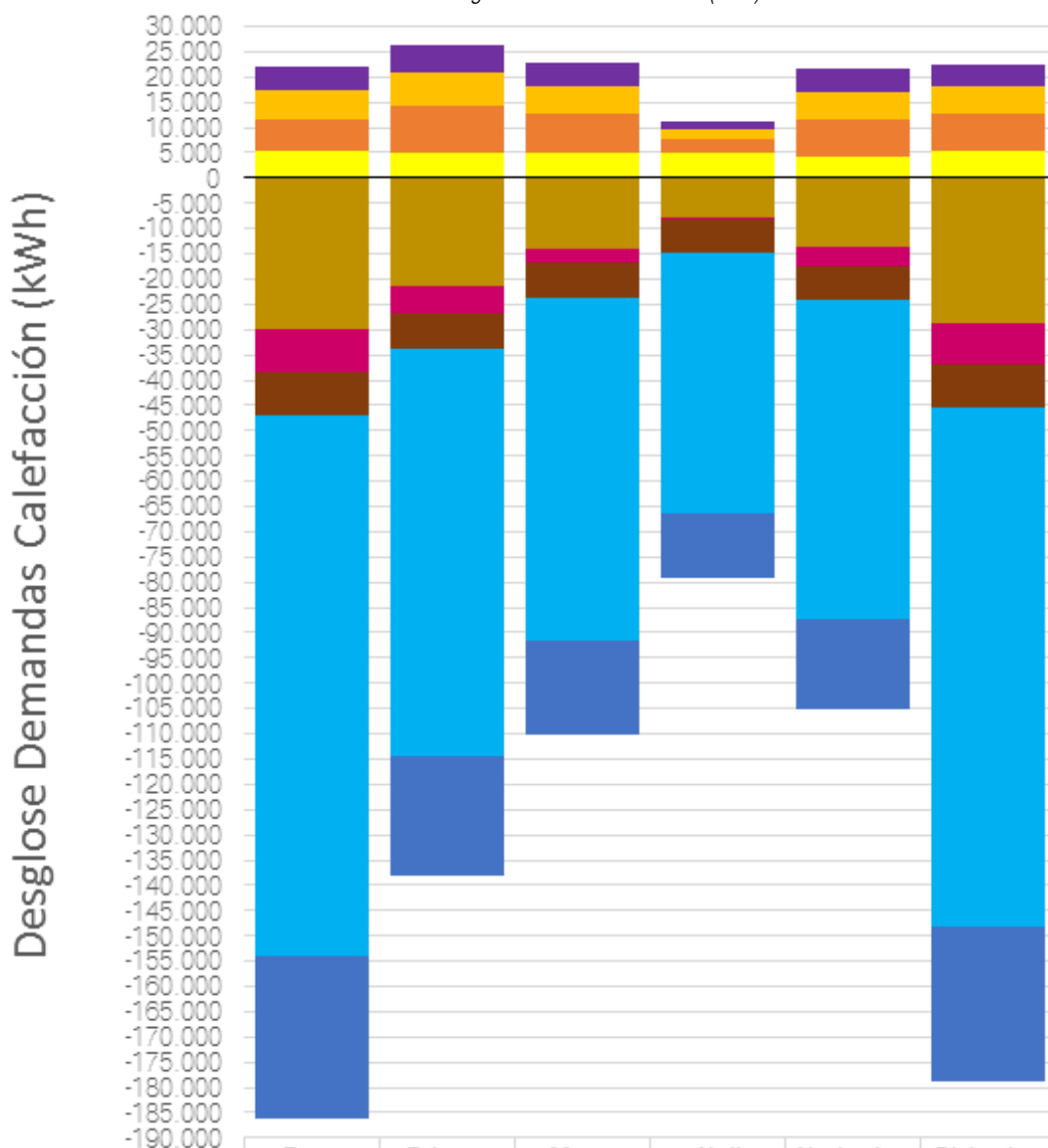
Gráfica 13. Calener GT. Desglose Demandas Verano (kWh)



Fuente: Elaboración propia a partir de resultados de cálculo de Calener GT

6. ESTUDIO ENERGÉTICO DE LA ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR IV UNIVERSIDAD DE ALICANTE

Gráfica 14. Calener GT. Desglose Demandas Invierno (kWh)

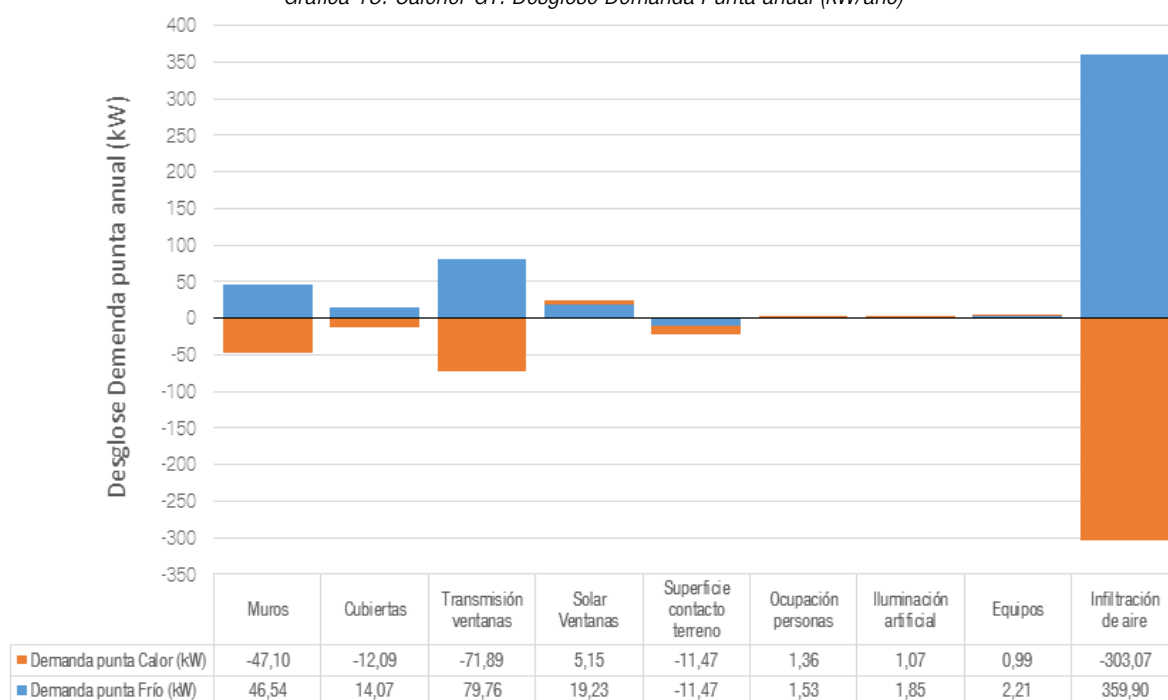


	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Noviembre	Diciembre
Equipamiento	4.974,85	5.375,38	4.572,27	1.592,46	4.395,59	4.254,65
Iluminación artificial	5.543,27	6.639,09	5.470,90	1.886,92	5.429,58	5.396,47
Ocupación personas	6.183,47	9.211,04	7.443,67	2.668,35	7.479,12	7.564,38
Solar Ventanas	5.475,00	4.955,22	5.167,35	4.887,83	4.261,98	5.234,15
Transmisión ventanas	-31.942,86	-23.883,31	-18.595,25	-12.919,25	-17.890,58	-30.439,18
Infiltración de aire	-107.095,90	-80.306,61	-67.968,97	-51.780,43	-63.120,40	-102.953,17
Superficie contacto terreno	-8.455,39	-7.020,28	-6.818,40	-6.466,80	-6.694,17	-8.373,35
Cubiertas	-8.609,81	-5.581,94	-2.672,75	-402,88	-3.721,10	-8.267,87
Muros	-29.951,05	-21.341,24	-14.058,73	-7.773,88	-13.660,83	-28.636,65

Fuente: Elaboración propia a partir de resultados de cálculo de Calener GT

6. ESTUDIO ENERGÉTICO DE LA ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR IV UNIVERSIDAD DE ALICANTE

Gráfica 15. Calener GT. Desglose Demanda Punta anual (kW/año)



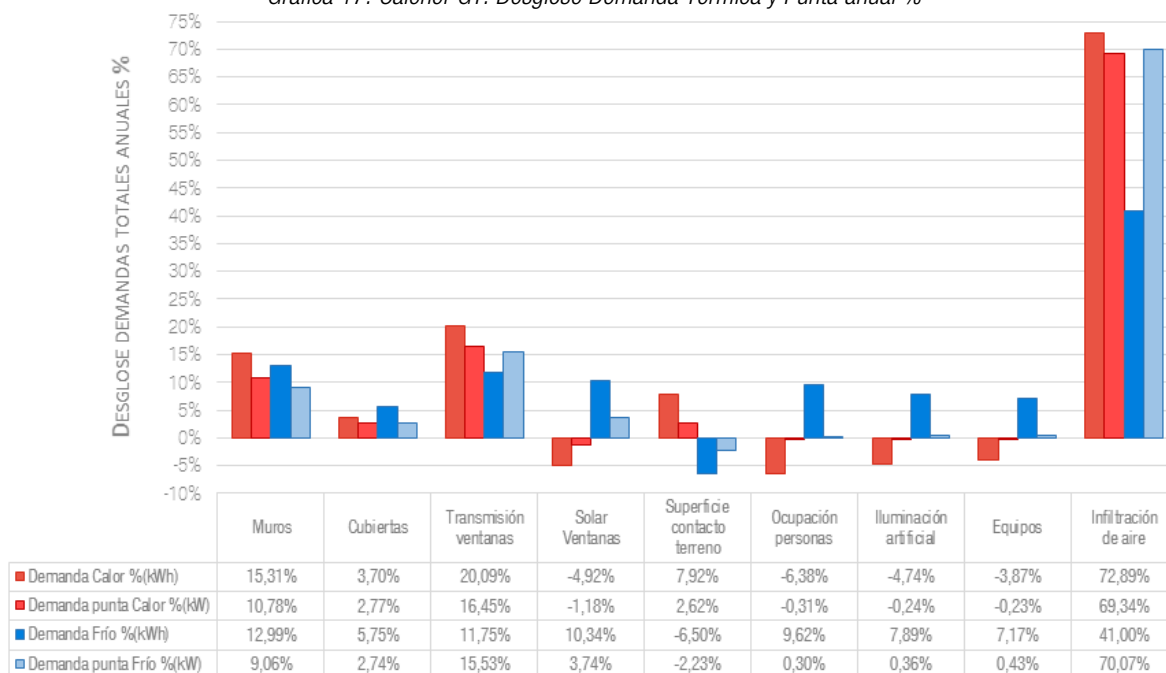
Gráfica 16. Calener GT. Desglose Demanda Térmica anual (kWh/año)



Fuente: Elaboración propia a partir de resultados de cálculo de Calener GT



Gráfica 17. Calener GT. Desglose Demanda Térmica y Punta anual %



Fuente: Elaboración propia a partir de resultados de cálculo de Calener GT

Se observa que los resultados desglosados de demanda de calefacción y refrigeración y correspondiente carga de climatización, tienen una correlación porcentual y tienen en común la distribución de variables de las demandas térmicas totales.

Se destaca notablemente que la demanda térmica se produce mayormente debido a la **infiltración de aire exterior**, es decir, entrada y salida del aire interior de los espacios; en segundo lugar, a la **transmisión térmica de las ventanas**, vidrios y marcos; y en tercer lugar, debido a la **transmisión térmica de los muros exteriores**.

En cuanto a la demanda de calefacción, entorno al 73% es generada por infiltración de aire, el 20% por transmisión de ventanas, el 15% por transmisión de muros exteriores.

También se observa que la demanda de calefacción debida a cubiertas es relativamente reducida entorno al 3,7%, mientras que la superficie en contacto con el terreno, es decir suelos y muros perimetrales de contención generan el 8% de la demanda de calefacción.

Por otro lado, la demanda de calefacción se reduce debido a la radiación solar captada a través de las ventanas entorno a un 5%, y además debido a las fuentes internas de calor, como son la ocupación de personas 6,4%, iluminación artificial 4,8% y equipamiento 3,9%.

Comparativamente las demandas punta en calefacción (kW) son porcentualmente un 4% inferiores a las demandas térmicas en calefacción (kWh), como se puede comprobar.

En cuanto a demandas de refrigeración, la distribución porcentual de los factores que generan demanda de frío es diferente a la demanda de calefacción. En primer lugar se observa que la demanda de refrigeración generada por la *infiltración de aire* es un 41%, pero sin embargo su demanda punta de refrigeración es mucho mayor, en torno a un 70%.

Por otro lado, la demanda de refrigeración generada por los muros exteriores 13%, resulta en este caso superior a la generada por la transmisión térmica de las ventanas 11,75%, aunque la demanda punta en refrigeración es mayor debido a la transmisión de ventanas 15,5%, mientras que los muros exteriores generan un 9%.

Las cubiertas generan porcentualmente mayor demanda de refrigeración que calefacción, entorno a un 5,8%, mientras que la demanda punta de refrigeración por cubiertas es inferior, entorno a un 2,8%.

En este caso la demanda de refrigeración debido a la radiación solar por ventanas queda en cuarto lugar, con un 10,34%, mientras que la demanda punta sólo genera un 3,74%; es decir, que estando las lamas horizontales por lo general casi cerradas con ángulo de giro entorno a 70°, se genera mayor demanda de refrigeración que aporte de calefacción, porque en invierno también las lamas están casi cerradas, pero sin embargo, teniendo en cuenta la gran superficie acristalada del edificio, el porcentaje de demanda térmica debido a captación de radiación solar por las ventanas es reducido en aulas, mientras que los módulos quedan completamente expuestos al sol a través de los muros cortina de sus pasillos, por la radiación difusa durante la mañana y por radiación directa por las tardes en periodo de verano.

Las superficies en contacto con el terreno reducen la demanda de refrigeración un 6,5%, pero un 2,23% de la demanda punta.

Las *fuentes internas de calor*, generan una demanda de refrigeración similar, ocupación 9,62%, iluminación 7,89% y equipamiento 7,17%; mientras que la demanda punta en refrigeración que generan es insignificante, en torno a 0,35%.

En general, se concluye y confirma según los resultados estudiados en *LIDER*, que el edificio se comportamiento térmico más favorable en refrigeración por su geometría,

protecciones solares, sombras generadas por el propio edificio, e incluso la ventilación natural generada entre los espacios.

Sin embargo, el comportamiento térmico del edificio en calefacción resulta mucho más desfavorable porque el edificio dispone de casi toda superficie de los espacios expuestos al exterior, es decir, los espacios están separados entre sí generando patios abiertos a los pasillos.

La infiltración de aire es crítica porque no se puede evitar, por lo que siempre estará entrando frío a los espacios y el aire caliente generado por la instalación de climatización servirá momentáneamente y se esfumará cada vez que haya entrada y salida de personas.

Por otro lado, las pérdidas de calor por las ventanas son importantes, pues se pierde más calor que el captado directamente del sol en periodo de invierno, mientras que en verano el calor transmitido por las ventanas al interior es casi el mismo que la radiación solar captada, es decir, las protecciones solares resultan insuficientes en verano y su grado de abertura no permiten una mayor captación solar en invierno, por lo que se estima necesaria la reducción de la transmitancia térmica de los vidrios o marcos, si las lamas horizontales permanecen en la misma posición de giro durante todo el año.

## 6.9. RESULTADOS CALIFICACIÓN ENERGÉTICA EN CALENER GT

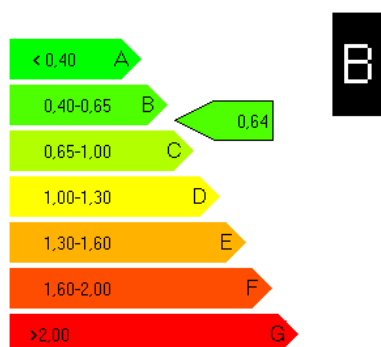


Tabla 27. Calener GT. Consumos energía final, primaria y emisiones CO<sub>2</sub>.

Concepto	Edif. Objeto	Edif. Referencia
Energía Final (kWh/año)	449.755,8	1.223.685,0
Energía Final (kWh/(m <sup>2</sup> año))	48.4	131.6
En. Primaria (kWh/año)	1.170.714,3	1.758.279,4
En. Primaria (kWh/(m <sup>2</sup> año))	125.9	189.0
Emisiones (kg CO <sub>2</sub> /año)	291.891,5	454.773,3
Emisiones (kg CO <sub>2</sub> /(m <sup>2</sup> año))	31.4	48.9

Tabla 28. Calener GT. Resumen indicadores energéticos anuales

Indicador Energético	Edif. Objeto	Edif. Referencia	Índice	Calificación
Demanda Calef. (kW·h/m <sup>2</sup> )	105.2	237.1	0.44	B
Demanda Refri. (kW·h/m <sup>2</sup> )	103.0	192.0	0.54	B
Energía Primaria (kW·h/m <sup>2</sup> )	125.9	189.0	0.67	C
Emisiones Climat. (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	22.8	40.8	0.56	B
Emisiones ACS (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	0.0	0.0	-1.00	-
Emisiones Ilum. (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	8.6	8.1	1.07	D
Emisiones Tot. (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	31.4	48.9	0.64	B

Fuente: resultados de cálculo de Calener GT

La etiqueta de calificación energética y las tablas de valores energéticos son extraídas del documento generado por la simulación de *Calener GT*.

Los indicadores energéticos del edificio son en general mucho más favorables en relación al *edificio de Referencia* de cálculo. La **calificación energética** general por emisiones de CO<sub>2</sub> anuales es la **letra B**, con índice 0,64 y 31,4 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> anuales, al límite entre el índice de la letra C. La calificación de emisiones de **climatización** es también **B** con índice 0,56 y 22,8 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>, y la calificación de emisiones de **iluminación** es **D**, con índice 1,07 y 8,6 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> anuales.

El edificio tiene un mayor consumo eléctrico y menor eficiencia energética en iluminación que el edificio de Referencia de cálculo. El resultado es previsible, pues gran parte de las aulas tienen un factor *VEEI de eficiencia en iluminación* ligeramente superior al límite establecido por el CTE para el uso de aulas y oficinas, es decir, las luminarias tienen un mayor consumo eléctrico en relación a su iluminancia generada en cada espacio.

De todas formas, como se describe a continuación, el consumo de energía eléctrica de iluminación, calculada en *Calener GT*, es un poco superior al consumo anual estimado

según los cálculos realizados de contabilidad de potencia de iluminación instalada en el edificio y de la cuantificación de horas anuales de uso por cada espacio del edificio; aunque comparando ambos resultados, queda bastante acertado el cálculo realizado en *Calener GT*, según lo esperado inicialmente.

La **calificación energética B** no significa que el edificio es eficiente energéticamente, pues sus valores de demandas térmicas y consumos eléctricos son elevados, sino que el *edificio de Referencia* de cálculo, con una envolvente térmica e instalaciones dentro de los límites que estableció inicialmente el *CTE*, es mucho más desfavorable que el edificio existente.

Sin embargo, por otras experiencias de cálculo de edificios de *gran terciario*, se observa que un *sistema de climatización con bombas de calor*, son instalaciones con *rendimientos superiores* a otros sistemas, y por lo general se obtiene *calificación favorable*.

También se ha observado que cuanta más *superficie acondicionada* de un edificio terciario, mayor es la diferencia entre demandas y consumos respecto del *edificio de Referencia* de cálculo, por tanto, la calificación del edificio calculado resulta más favorable, porque el *edificio de Referencia* comparativamente tendría una mayor demanda térmica y consumos energéticos; pero no significa que sea eficiente, pues puede tener calificación favorable y **consumos energéticos elevados** poco sostenibles.

Los valores de cálculo que principalmente tienen importancia son los **consumos anuales de energía final**, en este caso sólo energía eléctrica, de 450 MWh/año aprox. que además resultan muy similares a los *consumos reales del edificio en el curso 2013/14*, como se muestra en el siguiente apartado, cuyos datos son publicados mensualmente por cada edificio de la Universidad, por el *servicio de Infraestructuras y Servicios de la Universidad de Alicante*, desde el año 2011.

La **energía primaria** es 2,603 veces superior a la energía final por el *coeficiente de paso de la energía eléctrica*, por lo que el *consumo de energía primaria* resulta 125,9 kW·h/m<sup>2</sup> con índice 0,67 y **calificación C**, considerado elevado.

También cabe puntualizar que puede que los **fan-coils** instalados actualmente en el edificio dispongan de *potencias nominales en calor y frío* ligeramente superiores a las de las *UTAs del proyecto original* consultado, porque las *UTAs* tienen una mayor gama de modelos con potencias más ajustables a las demandas térmicas de cada espacio.

Por tanto, a efectos de cálculo de *Calener GT*, puede que la variación de potencias entre los fan-coil y los datos de referencia de proyecto, sea entre 5-15% de media en el edificio, con lo que pudiera traducirse en un ligero aumento del consumo de energía final y emisiones de CO<sub>2</sub> en *climatización*.

En cambio, se ha observado que el *caudal de impulsión de aire* de los *fan-coils* es **inferior** a los caudales de los *UTA* en varias aulas del edificio, motivo por el que finalmente se ha decidido tomar como referencia el proyecto original para el cálculo, porque todas las posibles modificaciones deben cumplir con las limitaciones establecidas en el proyecto.

Los *fan-coil* instalados son modelos *VCA-35* y *VCA-25* de la marca *Otedisa*, y las *UTA* son marca *Servoclima CHI* de amplia variedad, adecuadas para las demandas térmicas de cada **aula** del edificio, cuyas características técnicas de ambos sistemas se adjuntan en el **ANEXO A.3. Características técnicas instalaciones Climatización**.

No se puede afirmar con seguridad la existencia de las máquinas de climatización del edificio conforme a los datos proporcionados tanto por el proyecto original del edificio, como por la lista de máquinas de climatización proporcionadas por el *Servicio de Mantenimiento y Oficina Técnica de la Universidad de Alicante*, porque no se ha permitido la comprobación de los sistemas por motivos de seguridad y dificultades de accesibilidad a las instalaciones de cubierta de los módulos del edificio, donde se encuentran las bombas de calor.

Por otra parte, el edificio no dispone de ***instalación de agua caliente sanitaria ACS***, por lo que, si tuviera una caldera de gas propano o gas natural como es habitual por la zona, las emisiones de CO<sub>2</sub> anuales del edificio serían mayores, y por tanto, la calificación energética final obtenida variaría entre la letra C y D, porque actualmente se encuentra en el límite de calificación C de índice 0,65.

Por otro lado, la *calificación de las **demandas en calefacción y refrigeración*** son favorables, con ***calificación B*** en ambas, con índice 0,44 en demanda de *calefacción* e índice 0,54 en demanda de *refrigeración*.

Los resultados confirman, que el edificio en general requiere mayor *demanda de calefacción* que refrigeración, sobretudo en *planta baja y sótano* con el 61,76% superficie

acondicionada del edificio, pero sucede inversamente en *planta primera y segunda* pues la *demanda de refrigeración* casi duplica la demanda de calefacción.

Sin embargo, la demanda media en *calefacción* del edificio es de 105,2 kW·h/m<sup>2</sup> y de 103 kW·h/m<sup>2</sup> en demanda de *refrigeración*, para una superficie total acondicionada calculada de 6653,96 m<sup>2</sup> y de 2647,69 m<sup>2</sup> de superficie no acondicionada.

Hay que tener en cuenta que las demandas de calefacción y refrigeración resultantes se deben a una definición exhaustiva de los parámetros y horarios detallados de la ocupación de personas, las cargas latentes y sensibles, los equipos, la iluminación, las ventanas y el horario anual de disponibilidad de la climatización.

Dentro de esos parámetros, el flujo de personas puede generar que la relación entre demandas de calefacción y refrigeración sea inversa, pues si las aulas estuvieran a aforo completo, seguramente las demandas térmicas serían muy elevadas en refrigeración y más disminuidas en calefacción.

Las expectativas iniciales antes de la elaboración del proyecto era la obtención de una calificación energética entre la letra D y E. Los más pesimistas, profesores principalmente, dicen a los alumnos de Arquitectura Técnica que la *Escuela Politécnica Superior IV* tiene la calificación energética más desfavorable F o G, cuya opinión es fundamentada en la sensación de confort térmico.

Con este estudio se ha podido demostrar que no es totalmente cierto, pero no se niega la falta de **confort térmico**, excesivas **infiltraciones de aire exterior**, elevadas **demandas térmicas** y los **consumos eléctricos** que ello conlleva.



### 6.9.1. RELACIÓN CONSUMOS ANUALES DE CALENER GT, ESTIMADOS Y REALES DEL EDIFICIO

Mediante la opción de *Ver Programa de Resultados de Calener GT*, se pueden consultar gráficas y tablas de resumen de cálculo de *energía primaria*, *energía final* y *emisiones de CO<sub>2</sub>*, mensuales y anuales. Para este proyecto es interesante el consumo de *energía final*, el resto de datos de gráficas y tablas de energía primaria y emisiones de CO<sub>2</sub> se omiten porque son proporcionales a la energía final calculada por los *coeficientes de paso* de la energía eléctrica de *Calener GT*.

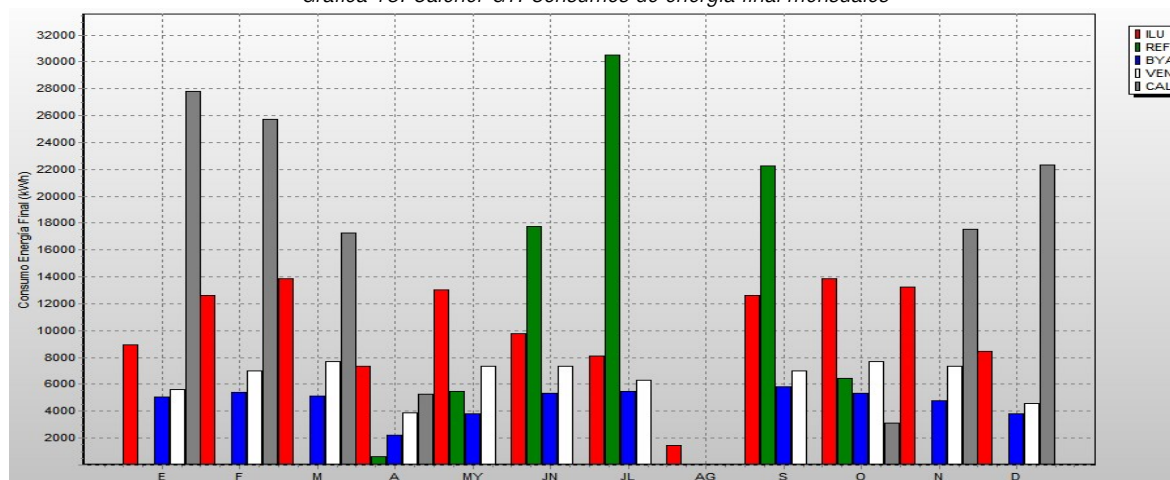
Tabla 29. Calener GT. Coeficientes de paso de energía final a energía primaria y emisiones CO<sub>2</sub>

Energía: Electricidad	Energía Final (kWh)	Energía Primaria (kWh)	Emisiones (kg CO <sub>2</sub> )
Año 2007	1	2,603	0,649
Propuesta IDAE 2014	1	2,461	0,399

Fuente: Calener GT y documento de propuesta de 2014 de coeficientes de paso de la energía final

Actualmente existe un borrador con propuestas de coeficientes de paso de la energía final eléctrica, que son menores en torno a 38,5% en emisiones y 5,5% en energía primaria. (7)<sup>33</sup>

Gráfica 18. Calener GT. Consumos de energía final mensuales



Fuente: Resultados de cálculo de Calener GT

Como se ha comentado anteriormente, se han definido los horarios de disponibilidad para *calefacción* y *refrigeración*, quedando el mes de *Agosto* sin refrigeración porque se cierra el edificio. En los meses de *Abril* y *Octubre* cuando se invierte el ciclo de climatización invierno-verano de las bombas de calor, se puede comprobar que existe consumo de calefacción y de refrigeración en el mismo mes.

<sup>33</sup> IDAE Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía. Factores de emisión de CO<sub>2</sub> y Coeficientes de paso de la energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector edificios en España, Febrero 2014.

Sin embargo, se han considerado cuatro días de Agosto en cuanto al consumo de *iluminación*, como *periodo semanal de evaluación*, porque se conoce que personal docente utiliza los despachos también en Agosto, pero con el sistema de climatización desconectado.

Tabla 30. Calener GT. Consumos eléctricos mensual y anual

Consumo Eléctrico (kWh/mes)	Iluminación	Calefacción	Refrigeración	Bombas y Auxiliares	Ventiladores	TOTAL (kWh/mes)
Enero	8.937,8	<b>27.786,1</b>	0,0	5.048,8	5.611,3	47.383,9
Febrero	12.624,7	<b>25.721,2</b>	0,0	<b>5.386,4</b>	7.014,1	<b>50.746,4</b>
Marzo	<b>13.893,0</b>	17.276,7	0,0	5.104,9	<b>7.715,5</b>	43.990,1
Abril	7.364,0	5.238,9	649,8	2.224,6	3.857,7	19.335,0
Mayo	<b>13.060,7</b>	0,0	5.498,7	3.837,6	7.364,8	29.761,8
Junio	9.764,9	0,0	17.732,4	5.335,5	7.364,8	40.197,5
Julio	8.118,3	0,0	<b>30.520,2</b>	<b>5.480,2</b>	6.312,7	<b>50.431,4</b>
Agosto	1.461,3	0,0	0,0	0,0	0,0	1.461,3
Septiembre	12.634,4	0,0	22.288,2	<b>5.828,7</b>	7.014,1	<b>47.765,3</b>
Octubre	<b>13.883,3</b>	3.147,3	6.433,1	5.320,7	<b>7.715,5</b>	36.499,9
Noviembre	<b>13.254,0</b>	17.578,7	0,0	4.812,3	7.364,8	43.009,9
Diciembre	8.488,2	<b>22.333,1</b>	0,0	3.792,2	4.559,2	39.172,7
TOTAL (kWh/año)	123.484,7	119.082,0	83.122,4	52.171,8	71.894,4	<b>449.755,3</b>

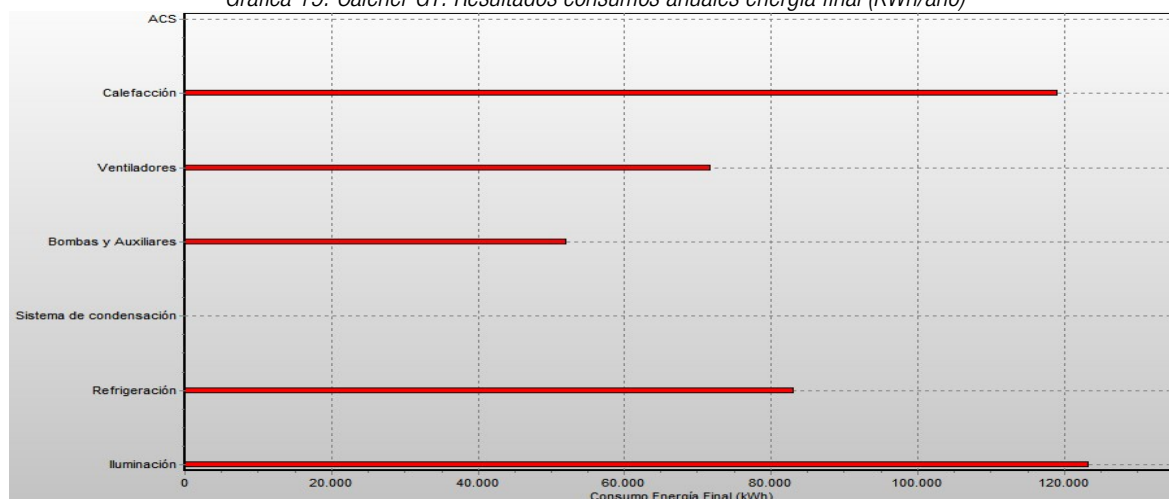
Fuente: elaboración propia según cálculo Calener GT. REPORT- PS-E Energy End-Use Summary for all Electric Meters

En general, se observa que el consumo de *calefacción* es más elevado en Enero y Febrero, que en los primeros meses de invierno de Noviembre y Diciembre. Los consumos de *calefacción* de Noviembre y Marzo son muy similares. En cambio, el consumo de *refrigeración* en Julio es superior al consumo punta de calefacción del mes de Enero.

Por otro lado sorprende que hay mayor consumo de *refrigeración* en el mes de Septiembre que en Junio, debido principalmente que en Junio el uso del edificio es menor porque no hay docencia por periodos de exámenes y evaluación y días festivos de *hogueras de San Juan de Alicante*. Sin embargo para el uso del edificio en Junio el consumo de refrigeración resulta importante.

En este sentido, en el mes de Julio el uso del edificio también es de exámenes y evaluaciones finales del curso académico, por lo que el consumo de *refrigeración* es demasiado elevado y pudiera ser mucho mayor si fuese periodo docente.

Gráfica 19. Calener GT. Resultados consumos anuales energía final (KWh/año)



Fuente: Resultados de cálculo de Calener GT

Se puede ver en la gráfica la relación anual en consumos de energía eléctrica para calefacción, refrigeración, iluminación, ventiladores y bombas auxiliares.

La *calefacción* y *refrigeración* vienen dados por los consumos de las *plantas enfriadoras*, es decir, las *bombas de calor aire-agua*. Según cálculos de *Calener GT*, el consumo de **climatización** representa el 58,21% del total del edificio, donde la *calefacción* conforma el 36,50% y la *refrigeración* el 25,48%, del consumo total de climatización.

Los consumos de *ventiladores* corresponden a los *ventiloconvectores o fan-coils*, son un 12,83% de la climatización. Los consumos de *bombas y auxiliares* corresponden a las bombas de recirculación de agua de los circuitos hidráulicos de climatización y representan el 9,31% del consumo anual de climatización. El *consumo de iluminación* es relevante, pues el consumo anual es incluso superior al de calefacción y representa el 22,03% calculado en *Calener GT*.

El consumo de equipamiento, es decir, de los aparatos eléctricos enchufados, no lo considera *Calener GT* en los resultados de consumos energéticos y calificación energética porque es un componente fijo e inevitable de su consumo, y por tanto no es susceptible de mejora en lo referente a la eficiencia energética.

El programa sólo considera el **equipamiento** como *fuentes interna de calor* para el cálculo de *demandas térmicas*. Sin embargo, el programa sí calcula su consumo eléctrico, quedando registrado en el *fichero de simulación* \*-usu.SIM de *Calener GT*, en el apartado *REPORT- LS-K Building Input Fuels Summary*, entre otros.

Para darle utilidad al cálculo de *Calener GT*, se analizan los consumos de iluminación y climatización. Por otro lado, se realiza un **cálculo estimado de la iluminación y de los equipos del edificio**, teniendo en cuenta la medición de todos los tipos de luminarias y equipos, por aulas, despachos, pasillos exteriores con sus correspondientes potencias, pérdidas de potencia, coeficientes de uso y horas anuales de uso.

Las **horas de uso** de todas las aulas del edificio se han estimado utilizando los datos horarios proporcionados a través de la *Unidad Técnica de Calidad y Servicio de Informática de la Universidad de Alicante*, de contabilizar las horas de docencia de los horarios semanales de la conserjería del edificio, de hacer encuestas de las horas semanales de media de los despachos en cada departamento de los módulos del edificio.

De esas horas, se estima que una parte se utiliza *iluminación artificial y equipos*, como ordenadores y pantallas, que son los **coeficientes de uso** de las instalaciones.

Además, a modo resumen se presentan los resultados de cálculo de **iluminación y equipamiento** del edificio, agrupado por plantas y tipo de uso de los espacios, con su correspondiente porcentaje de potencia instalada y de consumo estimado. Todos los cálculos se adjuntan en el **ANEXO F.1. Cálculo de consumos de iluminación y equipamiento del edificio**.

El *consumo estimado* total de **iluminación**, **94.193,38 kWh/año**, está mayorado un 30% más para tener en cuenta el consumo de energía reactiva y algunas posibles horas de uso desconocidas. Asimismo, el *consumo estimado* total de **equipamiento**, **79.789,78 kWh/año**, está mayorado un 20% para contabilizar las pérdidas por ineficiencia de la instalación eléctrica del edificio.

Estos dos consumos finales mayorados se utilizan para estimar el consumo real que tendría el edificio en **iluminación, equipamiento y climatización**.

Para estimar el **consumo real del edificio** respecto de los resultados de cálculo de energía final eléctrica de *Calener GT*, se sigue el siguiente procedimiento:

1. Hallar consumos totales de **iluminación y climatización** de *Calener GT*.
2. Hallar la relación porcentual de las variables de cálculo de **climatización**: calefacción, refrigeración, ventiladores, bombas y auxiliares, de forma que la suma de ellos es el total 100%.
3. Hallar el porcentaje de consumo correspondiente a la **climatización** hallando la diferencia entre los datos conocidos, el consumo total anual, según datos reales publicados por el *servicio de infraestructuras de la Universidad de Alicante* para el curso 2013/14 desde Septiembre de 2013 hasta Julio de 2014, entre los consumos estimados de **iluminación y equipamiento** calculados.
4. Multiplicar los dos coeficientes porcentuales anteriores individualmente a las variables de calefacción, refrigeración, ventiladores, bombas y auxiliares, para hallar finalmente los **consumos estimados reales anuales de climatización**.

Finalmente se recogen los datos de las tablas de **consumo en energía final anual** en los dos casos y se compara su respectiva variación en consumos.

Tabla 31. Resumen comparativo consumos *Calener GT* y reales estimados finales

Consumo Eléctrico (kWh/año)	Cálculo Calener GT	Cálculo Real Estimado (Curso 2013/14)	Variación % GT→Real
<b>Iluminación</b>	<b>123.484,70</b>	<b>94.193,38</b>	<b>-30,69%</b>
<b>Equipamiento</b>	<b>110.703,27</b>	<b>79.789,78</b>	<b>-38,74%</b>
<b>Climatización</b>	<b>326.270,60</b>	<b>369.750,83</b>	<b>14,92%</b>
Calefacción	119.082,00	139.960,25	11,76%
Refrigeración	83.122,40	97.695,97	14,92%
Ventiladores	71.894,40	84.499,40	14,92%
Bombas y Auxiliares	52.171,80	61.318,91	14,92%
ACS	0,00	0,00	-
Sistema de Condensación	0,00	0,00	-
Total (kWh/año)	560.458,57	<b>557.753,00</b>	<b>-0,49%</b>

Fuente: elaboración propia según resultados de *Calener GT* y consumos reales estimados respecto datos Oficina Técnica

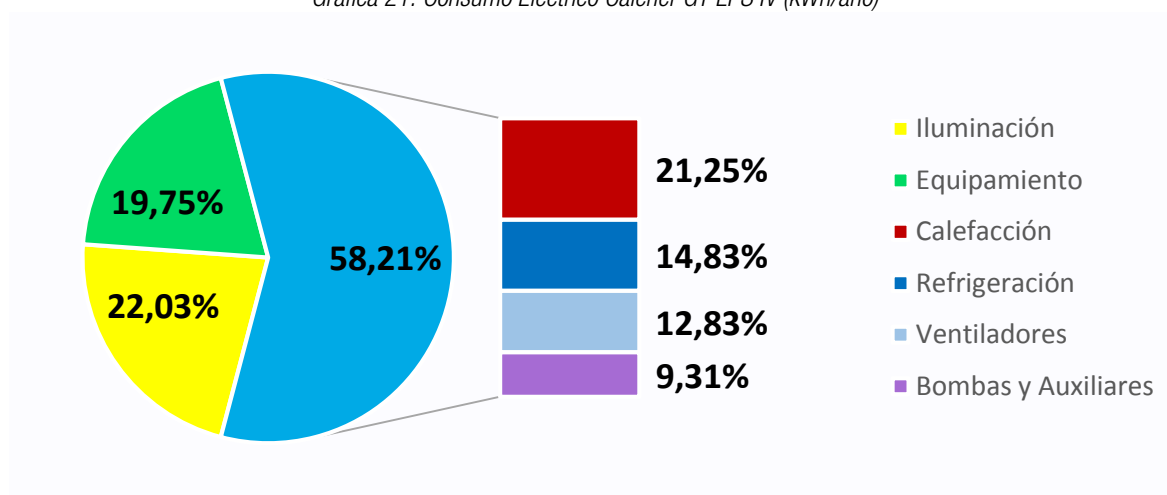
Gráfica 20. Comparativa consumos mensuales eléctricos totales Reales y calculados en Calener GT



Fuente: elaboración propia según consumos reales eléctricos del curso 2013-14 y los calculados en Calener GT

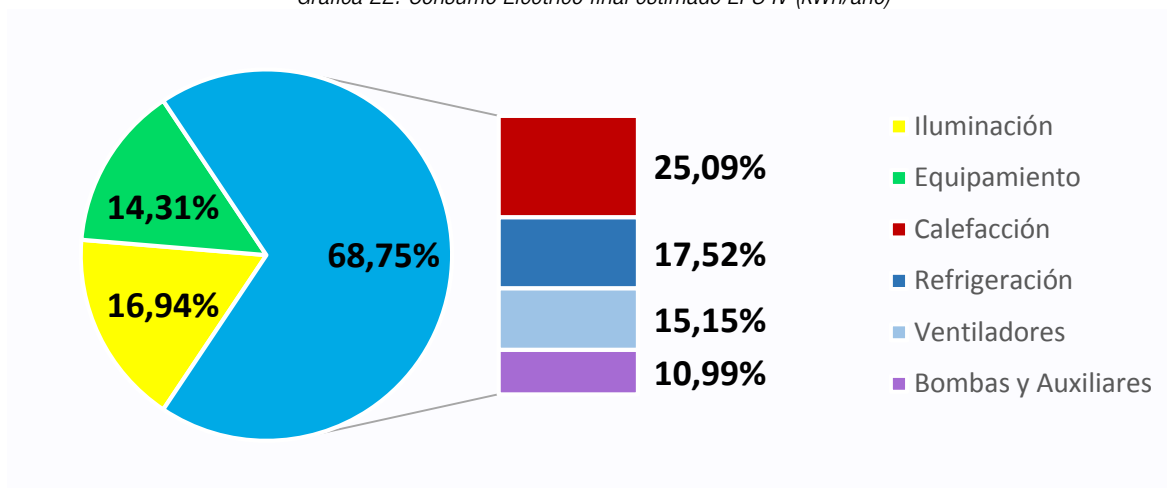
El informe de consumos mensuales aparece en el *fichero de simulación \*-usu.SIM*, apartado *REPORT- PS-F Energy End-Use Summary for Electricidad*, así como en la tabla resumen de resultados visible desde la interfaz de *Calener GT*.

Gráfica 21. Consumo Eléctrico Calener GT EPS IV (kWh/año)



Fuente: gráficas de elaboración propia según los cálculos realizados en Calener GT

Gráfica 22. Consumo Eléctrico final estimado EPS IV (kWh/año)



Fuente: gráficas de elaboración propia según los cálculos realizados en Calener GT y estimados

Entre el cálculo de *Calener GT* y el *consumo real del edificio* en el curso 2013/14, existe una 2.746 kWh/año, con una variación anual de 0,49% y mensual de 2%, excepto en el mes de Agosto, donde el edificio realmente consume mucho más de lo estimado en los horarios de uso definidos, pues se consideró que habría consumo de iluminación y equipamiento durante cuatro días del mes de Agosto.

Los resultados de cálculo totales anuales y mensuales de iluminación y climatización se consideran correctos porque se ajustan aprox. a los consumos reales del edificio. Por tanto, se toma como válido el modelo de simulación del edificio en *Calener GT*, para la propuesta de mejoras para el ahorro de consumo energético del edificio.



### 6.9.2. COMPARATIVA CONSUMO ELÉCTRICO DEL EDIFICIO RESPECTO LA UNIVERSIDAD DE ALICANTE

El *Servicio de Infraestructuras* de la Universidad de Alicante publica los consumos energéticos de electricidad y/o combustibles y de agua de todos los edificios de la Universidad, mensuales y anuales, desde 2011 hasta la actualidad. (21)<sup>34</sup>

Gracias a la información publicada, se puede tomar como referencia para realizar una comparativa de los consumos reales con los resultados de cálculo de consumo eléctrico mensual y anual resultante de *Calener GT*, y medir su fiabilidad de cálculo.

Por otra parte, se ha solicitado en *Oficina Técnica* una lista mensual del precio de la energía eléctrica de la Universidad de Alicante para los años 2013 y 2014, con la que se puede analizar su variación y estimar un aumento anual del mismo para el estudio de viabilidad económica de las propuestas de este proyecto.

La información recibida corresponde a la facturación mensual de toda la Universidad, cobrándose conjuntamente por parte de una empresa Comercializadora y otra Distribuidora de la electricidad, que son dos empresas conocidas en España.

Aunque si no se entendió mal, la facturación realmente divide el campus universitario en diagonal, creando una división de los edificios comprendidos entre el *Colegio Mayor y el Centro comercial y bancos*, es decir, por una parte alrededor de 10 edificios que fueron los últimos construidos, incluido la *Escuela Politécnica Superior IV*, y por la otra parte el resto de edificios de la Universidad.

Analizando la lista de precios de la electricidad, que se adjunta en el **ANEXO F.2**, se observa que el precio de la electricidad aumenta cuando los consumos de electricidad mensuales son mayores, es decir, se interpreta que se fija un consumo medio tal que cuando se supere, aumentará proporcionalmente la tarifa eléctrica, y cuando sea inferior a éste, el precio kWh disminuirá.

En general se observa que los consumos eléctricos son menores entre los meses de Marzo y Abril, al igual que el precio del kWh eléctrico, variable entre 10-12 cent€/kWh;

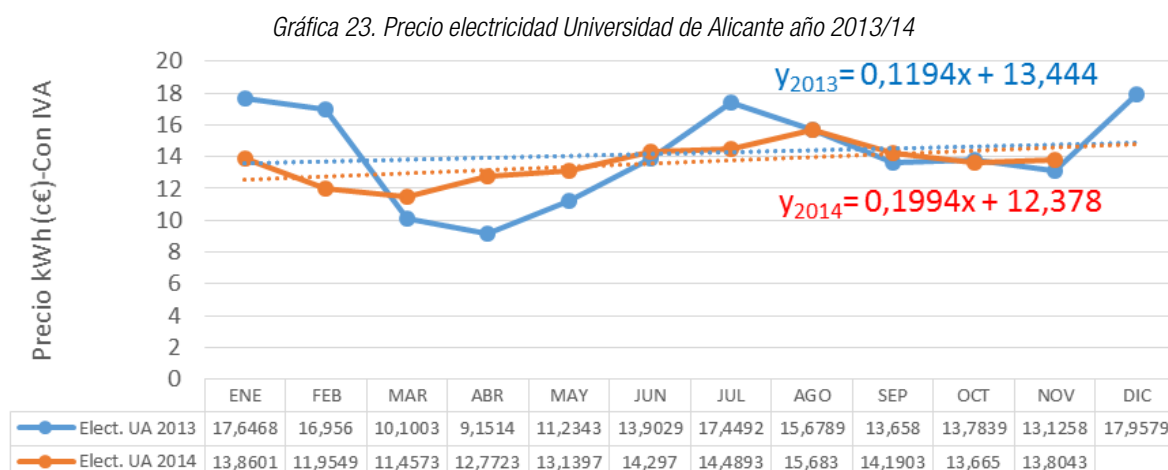
---

<sup>34</sup> **Servicio de Infraestructuras Universidad Alicante.** Consumos energéticos y agua de los edificios de la Universidad de Alicante. Informe, Enero 2015.

mientras que los mayores consumos se producen entre Octubre y Enero en periodo de invierno, y en Julio en periodo de verano, con precios variables entre 15-17,8 cent€/kWh.

Se denota que el precio de la electricidad de la Universidad es mucho menor que el fijado en la facturación eléctrica residencial habitual. Sin embargo, la inversión anual de la Universidad en electricidad fue de alrededor de 2,5 millones de euros en 2013 y 2014, pues hay que tener en cuenta que dispone de más de 50 edificios, además del alumbrado exterior del campus universitario, que se supone también está incluido como *Zonas comunes*.

Si se analizan las ecuaciones de la línea de tendencia de los precios kWh eléctrico de la Universidad de Alicante de los años 2013 y 2014, se observa que aunque hay subidas y bajadas de precio durante el año e incluso en 2014, que parece ser que el sumatorio mensual del año es muy cercano al del año 2013 y posiblemente inferior, el precio de la electricidad tiene una tendencia al alza en torno al 13% en los dos últimos años.



En la entrada del año de 2015, en el primer trimestre el precio de la electricidad ha subido en torno al 18%, pero sólo se dispone la información hasta Noviembre de 2014 según los datos mostrados a continuación.

Tabla 32. Variación anual del precio electricidad de la Universidad Alicante año 2013/14

Línea de tendencia precio c€/kWh eléctrico	Inicial Enero	Final Diciembre	Variación % media precio electricidad
Ecuación año 2013	13,444	14,8768	9,63%
Ecuación año 2014	12,378	14,8768	16,80%
Promedio 2013/14			13,21%

Fuente: elaboración propia a partir de facturas eléctricas Universidad de Alicante

Con esta información, se ha tomado la decisión de considerar un aumento medio anual del precio de la electricidad en la Universidad de Alicante del 10% en los próximos

años, para el *estudio de viabilidad dinámico* de las diferentes propuestas de rehabilitación energética del edificio, aunque lo normal es considerar un 5%.

Conociendo el *precio kWh* de la energía eléctrica, que varía en función del consumo eléctrico mensual como se ha concluido al analizar la evolución del precio los dos últimos años, se puede estimar el coste de la electricidad que tendrá la electricidad de la *Escuela Politécnica Superior IV de Alicante* y los demás edificios.

Si se analiza la variación de consumo eléctrico del edificio desde el año 2011 hasta 2014, se observa una importante reducción anual del 12,82% del consumo eléctrico en 2012 y una continuada reducción del 5,62% en 2013. Entre 2013 y 2014 el consumo es similar, aunque se observa que el consumo eléctrico comprendido entre los meses de Enero a Julio y Septiembre de 2014, son sensiblemente superiores a los del año 2013.

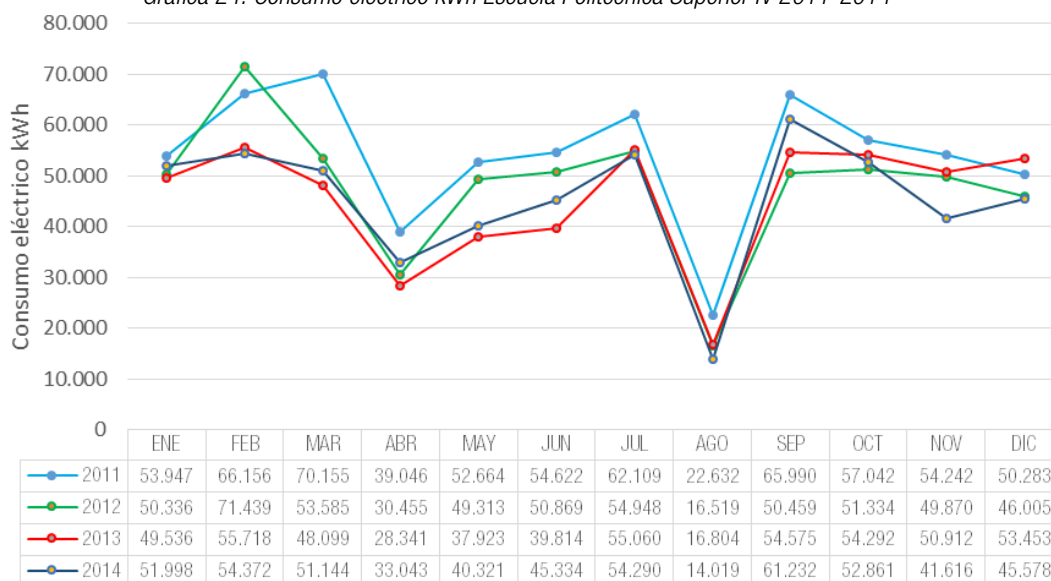
Tabla 33. Consumo eléctrico kWh Escuela Politécnica Superior IV 2011-2014

Consumo eléctrico kWh/mes	2011	2012	2013	2014
ENERO	53.947	50.336	49.536	51.998
FEBRERO	66.156	71.439	55.718	54.372
MARZO	70.155	53.585	48.099	51.144
ABRIL	39.046	30.455	28.341	33.043
MAYO	52.664	49.313	37.923	40.321
JUNIO	54.622	50.869	39.814	45.334
JULIO	62.109	54.948	55.060	54.290
AGOSTO	22.632	16.519	16.804	14.019
SEPTIEMBRE	65.990	50.459	54.575	61.232
OCTUBRE	57.042	51.334	54.292	52.861
NOVIEMBRE	54.242	49.870	50.912	41.616
DICIEMBRE	50.283	46.005	53.453	45.578
Promedio mensual kWh	54.074	47.928	45.377	45.484
CONSUMO ANUAL kWh	648.888	575.132	544.527	545.808
Diferencia año anterior kWh		73.756	30.605	-1.281
Variación % año anterior		-12,82%	-5,62%	0,23%

Fuente: elaboración propia a partir de publicación de consumos edificios por Servicio Infraestructuras Universidad Alicante  
<http://is.ua.es/es/documentos/oficina-tecnica/archivos-consumos-ua/consumos-por-edificios-ua.pdf>

## 6. ESTUDIO ENERGÉTICO DE LA ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR IV UNIVERSIDAD DE ALICANTE

Gráfica 24. Consumo eléctrico kWh Escuela Politécnica Superior IV 2011-2014



Fuente: elaboración propia a partir de publicación de consumos edificios por Servicio Infraestructuras Universidad Alicante  
<http://is.ua.es/es/documentos/oficina-tecnica/archivos-consumos-ua/consumos-por-edificios-ua.pdf>

Por otra parte, se cree que hay una estrecha relación entre la reducción de consumos entre el curso 2012/13 y 2013/14 y la variación del alumnado y ocupación de las aulas, tanto horaria como por ocupación del aforo de las mismas.

Se puede comprobar en el **ANEXO B.3.2. Estudio de la ocupación horaria de personas por espacios**, que la ocupación horaria total de las aulas del edificio disminuye un 12,7% entre los cursos 2012/13 y 2013/14, que los grupos de clases impartidas reducen un 6% la ocupación del aforo de las aulas, siendo al menos una disminución media de 3 alumnos por grupo y una disminución media del 17% de personas en el edificio.

Analizando todos los datos, se intuye que al disminuir la ocupación de las aulas, el edificio requiere mayor consumo de calefacción en periodo de invierno y una ligera reducción del consumo de refrigeración en periodo de verano.

Por otro lado, se estima que el consumo de iluminación se reduce ligeramente a la vez que se requiere mayor demanda de calefacción, porque suele encenderse la mitad de luces de las aulas, sobre todo en aulas pequeñas o medianas, que tienen forma más alargada en dirección a la pizarra.

Por último, se pretende comparar los consumos anuales de electricidad del edificio de la *Escuela Politécnica Superior IV* con el resto de edificios de la Universidad, tanto por consumos y superficie útil total.

Por lo que se observa a primera vista, la variación de consumos de electricidad de gran parte de los edificios de la Universidad de Alicante es proporcionada. Si se analizan los consumos de los años 2011 a 2014, la *Escuela Politécnica Superior IV* del año 2013 queda en el puesto número 9 de los edificios que más consumen anualmente.

Se analiza el año 2013 porque es muy similar al año 2014 y porque en el momento de toma de datos quedaban los últimos meses de 2014 sin contabilizar.

Se puede observar en el **ANEXO F.3**, que quedan en primer lugar de mayor consumo eléctrico, en orden descendente, el *edificio de la Biblioteca general*, la *Facultad de Ciencias II*, el *Aulario I y II*, *Facultad de ciencias VI y I*, el *Centro de Proceso de Datos*, la *Facultad de Derecho-Paraninfo*.

Por otro lado, se observa que las superficies útiles de cada edificio de la Universidad facilitadas por la *Oficina Técnica de la Universidad de Alicante* incluyen toda la superficie exterior de pasillos y patios del edificio, por lo que en vez de indicar una superficie útil para la *Politécnica IV* de 6654 m<sup>2</sup>, indica que dispone de 10.024,83 m<sup>2</sup>.

Si se relaciona el consumo eléctrico en kWh al año de los edificios con su superficie útil, la *Politécnica IV* tendría para el año 2013 una relación de 54,32 kWh/m<sup>2</sup>·año, quedando en el puesto número 32 de todos los edificios de la Universidad. Sin embargo, si relacionamos el consumo de la *Politécnica IV* con la superficie útil de los espacios cerrados, quedaría en el puesto 22 con 81,83 kWh/m<sup>2</sup>·año para el año 2013 y 82,03 kWh/m<sup>2</sup>·año para el año 2014.

Hay que tener en cuenta que la *Escuela Politécnica IV* es un edificio que se caracteriza por una gran superficie útil exterior de las aulas, a diferencia del resto, que suelen conformar volúmenes cerrados interconectados y disponer de patios interiores según el caso.

Si tomamos como referencia el edificio de mayor consumo de la Universidad, que es la *Biblioteca General*, este requiere 164,82 kWh/m<sup>2</sup>·año, quedando en el séptimo lugar; es decir, se podría decir que la *Biblioteca General* consume por superficie el doble que la *Escuela Politécnica IV*, aunque el consumo total de la Biblioteca es 4,6 veces superior.

Como referencia el edificio con mayor consumo por superficie útil sería el *Centro de Proceso de Datos* con 667,01 kWh/m<sup>2</sup>·año, y como edificio destinado a docencia e investigación sería *Facultad de Ciencias III*, con 199,57 kWh/m<sup>2</sup>·año.

Así mismo, *el Aulario 1* comparativamente dispone del doble de superficie útil que la *Politécnica IV* y también algo menos del doble de consumo eléctrico anual, disponiendo el *Aulario 1* también de una gran superficie de patio interior, semejante a la *Politécnica IV*. Aunque la diferencia es que el *Aulario I* dispone de grandes espacios voluminosos cuya ventilación se genera hacia los pasillos interiores del edificio, y no hacia el exterior como en la *Politécnica IV*. Es decir, se observa que el Aulario I conserva más la temperatura del aire interior.

Por lo tanto, se concluye que los consumos de la *Escuela Politécnica Superior IV* no son tan desproporcionados en comparación con la superficie útil disponible, pero sí se observa que es uno de los edificios con mayor superficie disponible para su uso, y con mayor consumo eléctrico anual.





## 7. EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y ECONÓMICA DE LAS PROPUESTAS DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICA

En este capítulo se estudian las propuestas para la rehabilitación energética de la *Escuela Politécnica Superior IV* de la Universidad de Alicante, que se han considerado posibles y más convenientes según el estudio energético previo del estado actual del edificio.

Se crean diferentes modelos de simulación del edificio, modificando la configuración de sus instalaciones en *Calener GT*, de forma que pueda compararse el ahorro energético generado por cada una y también por la combinación de varias o la totalidad de propuestas de mejora de la eficiencia energética del edificio.

A partir del ahorro energético, la variación del precio de la energía eléctrica y un presupuesto estimado de cada propuesta de rehabilitación energética, se estima su viabilidad económica y periodo de amortización.

Las propuestas se engloban de forma general, en actuaciones sobre la envolvente térmica e instalaciones del edificio. En total se estudian y proponen nueve actuaciones y cinco combinaciones posibles entre las diferentes actuaciones.

Con el estudio combinado de las propuestas de mejora de eficiencia energética del edificio se analizan los posibles ahorros mínimos y máximos que se generarían en el edificio.

Cada estudio incluye el certificado energético resultante que se adjunta en el **ANEXO E.4 Documento Resultados de CALENER GT. Estado actual y propuestas.**

## 7.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA

Se identifican las diferentes propuestas para la mejora de la eficiencia energética del edificio, que se van a estudiar energéticamente y económicamente.

Tabla 34. Identificación resumida de las propuestas para la rehabilitación energética

Propuestas rehabilitación energética	Tipo actuación	Observaciones estudio energético	Objetivos
Elementos de sombreado. Lamas horizontales	Envolvente térmica	Transmisión térmica por radiación solar en reducida en la mayoría de ventanas 5-10%	Reducir la demanda de calefacción y consumo de climatización
Sustitución vidrios ventanas	Envolvente térmica	Elevada transmisión térmica por vidrios. Genera demanda térmica entre 12-20%	Reducir la demanda térmica y consumo climatización. Lograr confort térmico
Aislamiento térmico muros y cubiertas	Envolvente térmica	Muros generan 13-15% demanda térmica, las cubiertas 4-6%	Reducir la demanda térmica y consumo de climatización. Lograr confort térmico
Estanqueidad de los espacios	Envolvente térmica	Infiltración de aire genera 40-73% de la demanda térmica	Reducir la demanda térmica, evitar pérdidas energéticas por el flujo del aire
Ventilación cruzada módulos	Envolvente térmica	Acumulación excesiva de calor por radiación solar en periodo verano	Reducir la demanda de refrigeración y el consumo de climatización. No es posible estudiar en Calener GT
Iluminación LED	Instalación iluminación	Incumplimiento VEEI mínimo CTE, elevado consumo eléctrico	Reducir el consumo eléctrico en iluminación
Ventilación mecánica con recuperador de calor	Instalación ventilación	Se debe cumplir el número de renovaciones de aire interior según RITE y recuperar el calor con los espacios estancos a la filtración de aire	Estanqueidad de los espacios y recuperación del calor del aire expulsado entre un 50%-80%
Instalación fotovoltaica	Instalación energía renovable	Consumo eléctrico anual considerable de 560.458,57 kWh/año	Compensar el consumo eléctrico generado en el edificio
Instalación geotérmica con bombas de calor	Instalación climatización con energía renovable	Instalación de climatización genera un consumo eléctrico de hasta el 70% del edificio	Incrementar el rendimiento de la instalación de climatización para ahorro eléctrico considerable

Fuente: elaboración propia

## **7.2. PROPUESTAS DE MEJORA DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA DEL EDIFICIO**

La envolvente térmica se refiere a los elementos constructivos que envuelven o encierran un volumen de aire interior, que conforman los espacios del edificio. Por tanto, los elementos a tratar son los muros, cubiertas, ventanas y su protección solar.

Se ha observado mediante el estudio energético que las medidas para la reducción de la demanda térmica más efectivas sería la estanqueidad de las carpinterías para evitar la infiltración y fugas de aire a temperatura, la transmitancia térmica y factor solar de los vidrios de las ventanas del edificio, el aislamiento térmico de los muros exteriores y cubiertas y por último el control de la inclinación de las lamas horizontales para la captación de calor solar en invierno.

Se analizan las propuestas detalladamente de forma individual y finalmente se propone combinarlas todas para rehabilitar el edificio, pues son actuaciones básicas para conseguir un confort térmico de forma natural y evitar el consumo eléctrico en climatización.

### 7.2.1. ELEMENTOS DE SOMBREAMIENTO. LAMAS HORIZONTALES

Las *lamas horizontales* del edificio son los elementos de sombreado de las ventanas. Actualmente permanecen giradas en la misma posición durante todo el año porque la manivela de giro queda estropeada sin funcionamiento, seguramente por oxidación o falta de engrase de sus mecanismos.

Se propone que en invierno se giren las lamas horizontales de forma que pueda entrar directamente el sol para calefactar los espacios gratuitamente, aprovechando la radiación solar.

Para realizar el cálculo en *Calener GT*, se establece un horario de uso de lamas horizontales tal que en periodo de verano, entre 28 de Abril hasta el 20 de Octubre, las lamas queden como en la actualidad, casi cerradas, con un factor de sombra 0.40.

Por otra parte, para periodo de invierno, se crea otro horario de uso de las ventanas para el resto del año, con un factor de sombra de 0.84, de forma que el valor 1 significa que la radiación solar incide en toda la superficie de la ventana. Para hallar ese valor, se ha considerado que el grosor de las lamas produce sombra.

Los resultados son una reducción del 2,57% en la demanda de calefacción anual, un incremento del 0,97% de la demanda en refrigeración, y una consecuente reducción del consumo eléctrico del edificio en cuanto a climatización del 1,00%, es decir, un ahorro eléctrico de 5.303,4 kWh/año.

La *calificación energética* del edificio mejora una décima, con índice 0.63 y calificación energética B. La calificación de la demanda de calefacción resultante sería B con índice 0.43 y calificación B con índice 0.54 en la demanda de refrigeración.

No se considera presupuesto para esta propuesta de mejora porque la solución es simplemente el mantenimiento de las lamas horizontales y el giro de las mismas al menos dos veces al año para facilitar la entrada del sol.

Por tanto, aunque el ahorro energético no es muy elevado, su aprovechamiento térmico sería inmediato y de coste mínimo. Por otra parte, puede ser que por motivos docentes permanezcan cerradas las lamas horizontales, porque en la actualidad las clases se imparten digitalmente con un proyector y el sol dificulta su visión.

## 7. EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y ECONÓMICA DE LAS PROPUESTAS DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICA

Tabla 35. Resumen ahorro energético con propuesta de lamas horizontales

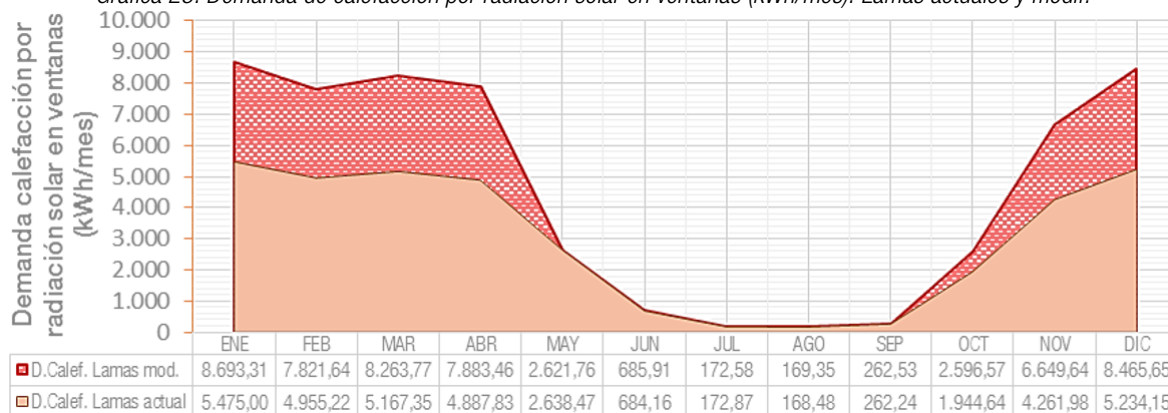
	Actual	Lamas	Ahorro %
Consumo eléctrico edificio (kWh/año)	529,55	524,24	1,00%
Demanda calefacción (kWh/m <sup>2</sup> )	105,2	102,5	2,57%
Demanda refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> )	103,0	104,0	-0,97%
Energía Primaria (kWh/m <sup>2</sup> )	125,9	124,4	1,19%
Calificación energética - Índice	B-0,64	B-0,63	1,56%

Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de Calener GT

Por otro lado, la abertura de las lamas horizontales al sol, es capaz de reducir la demanda de calefacción por radiación solar de ventanas del edificio durante el año, un 51,42% con un total de 18.433,51 kWh/año, con una ganancia de calor por radiación solar a través de las ventanas en torno a 3.200 kWh/mes en los meses de Enero, Marzo, Abril y Diciembre, y algo menor en Octubre con 652 kWh y Noviembre con 2390 kWh.

En cambio, incrementaría la demanda de refrigeración durante el año un 24,30%, con un total de 16.522,56 kWh/año, siendo mayor el incremento en los meses de Marzo y Abril en torno a 3000 kWh/mes. Durante los meses de verano se reduciría la demanda de refrigeración por radiación solar de ventanas entre 75-144 kWh/mes.

Gráfica 25. Demanda de calefacción por radiación solar en ventanas (kWh/mes). Lamas actuales y modif.



Gráfica 26. Demanda de refrigeración por radiación solar en ventanas (kWh/mes). Lamas actuales y modif.



7. EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y ECONÓMICA DE LAS PROPUESTAS DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICA

Tabla 36. Variación demandas de calefacción y refrigeración por radiación solar por ajuste de lamas horizontales

Mes	D.Calef. Lamas actual	D.Calef. Lamas mod.	Dif. kWh	Var. %	D.Ref. Lamas actual	D.Ref. Lamas mod.	Dif. kWh	Var. %
ENE	5.475,00	8.693,31	3.218,31	58,78%	293,88	1.622,05	1328,17	451,94%
FEB	4.955,22	7.821,64	2.866,42	57,85%	1.261,95	3.365,98	2104,03	166,73%
MAR	5.167,35	8.263,77	3.096,42	59,92%	3.221,24	7.101,44	3880,20	120,46%
ABR	4.887,83	7.883,46	2.995,63	61,29%	4.140,97	8.168,84	4027,87	97,27%
MAY	2.638,47	2.621,76	-16,70	-0,63%	7.861,19	7.769,77	-91,42	-1,16%
JUN	684,16	685,91	1,76	0,26%	9.727,31	9.586,37	-140,93	-1,45%
JUL	172,87	172,58	-0,29	-0,17%	11.224,54	11.080,38	-144,16	-1,28%
AGO	168,48	169,35	0,88	0,52%	11.401,51	11.290,17	-111,34	-0,98%
SEP	262,24	262,53	0,29	0,11%	9.635,31	9.560,30	-75,01	-0,78%
OCT	1.944,64	2.596,57	651,93	33,52%	6.819,58	8.537,43	1717,86	25,19%
NOV	4.261,98	6.649,64	2.387,66	56,02%	2.127,77	4.989,79	2862,02	134,51%
DIC	5.234,15	8.465,65	3.231,50	61,74%	268,97	1.436,58	1167,61	434,10%
TOT	35.852,07	54.285,58	18.433,51	51,42%	67.985,96	84.508,53	16522,56	24,30%

Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de Calener GT

## 7.2.2. SUSTITUCIÓN DE VIDRIOS DE VENTANAS DEL EDIFICIO

Como se ha analizado durante el estudio energético del edificio, la transmisión térmica de las ventanas genera el 20% de la demanda de calefacción y el 11,75% de la demanda de refrigeración del edificio. También se ha visto como medida necesaria, la sustitución de vidrios en las aulas grandes de planta sótano y baja, y en las ventanas de las zonas de secretaria de los módulos de planta primera y segunda.

Sin embargo, para el estudio energético se decide mejorar el vidrio de todo el edificio para analizar si realmente su mejora generaría un importante ahorro energético.

Según el proyecto del edificio, se parte de que actualmente en las ventanas de planta baja, planta sótano y despachos de los módulos, hay instalados vidrios de doble acristalamiento 4/6/6 mm, y vidrios de tipo monolítico 66.1ª en los muros cortina de los módulos de planta primera y segunda.

La propuesta de mejora de los vidrios de doble acristalamiento es la sustitución de los vidrios actuales por otros de tipo bajo emisivos y aumentar el grosor de la cámara de aire para reducir la transmitancia térmica de los mismos.

Se determina que el grosor de la cámara de aire de los vidrios debería ser entre 12 y 16 mm, variando la transmitancia térmica entre 1.6 y 1.4 W/m²K respectivamente. El precio entre las dos opciones apenas varía, por lo que parece más conveniente la selección de una cámara de aire de 16 mm entre los vidrios.

En cuanto a los vidrios bajo emisivos, se cree que una solución óptima sería un acristalamiento 4/16/6 mm. El inconveniente es que el *factor solar g* resultante sería en torno a 39% y una transmisión luminosa del 62%.

Como se ha estudiado anteriormente en los elementos de sombreado, se generaría en el edificio una mayor reducción de la demanda térmica por radiación solar respecto de la demanda de calefacción, que en la demanda de refrigeración; por tanto, puesto que hay *lamas horizontales* en las ventanas, para la *Escuela Politécnica Superior IV* sería más inteligente dotar de vidrios con un factor solar más elevado que los típicos vidrios bajo emisivos.

Para ello, se ha hecho una selección de vidrios de la empresa *Guardian Sun* de tipo 4/16/4 mm y producto *ClimaGuard Premium*. Este acristalamiento tiene una transmitancia térmica de 1,4 W/m<sup>2</sup>K, un factor solar g del 63% y una transmisión de luz visible del 80%.

Para los *vidrios de muro cortina*, se ha seleccionado doble acristalamiento con control solar y seguridad con vidrio laminar, al menos del tipo 6/16/4 mm, por ejemplo del fabricante *Guardian Sun* y modelo *SunGuard Solar Silver 20*. El vidrio exterior es templado con control solar de color plata, que permite obtener un *factor solar g* del 23%, muy reducido, una transmisión luminosa del 20% y una transmitancia térmica de 2,2 W/m<sup>2</sup>K.

En los muros cortina se reduce drásticamente la radiación solar debido a un bajo factor solar g, mientras que en el resto del edificio se permite la mayor entrada de radiación solar para su aprovechamiento gratuito de calor en periodo de invierno, y su protección con las *lamas horizontales* en periodo de verano.

La propuesta de mejora de los vidrios del edificio reduce aprox. la mitad de la transmitancia térmica de los vidrios, por lo que la temperatura interior de los espacios se mantendrá por más tiempo, permitiendo ahorrar un 1,38% del consumo eléctrico del edificio debido a la climatización, reducir un 9,41% la demanda de calefacción, reducir un 10,58% la demanda de refrigeración, y lograr un mayor confort térmico.

La *calificación energética* resultante al sustituir los vidrios de todo el edificio sería B, con índice 0.63, sin observarse apenas diferencias por el escaso ahorro del consumo eléctrico generado según el cálculo de *Calener GT*.

La calificación de la demanda de calefacción resultante sería B con índice 0.40 y calificación B con índice 0.48 en la demanda de refrigeración.



Por otra parte, se considera conservar el marco de las ventanas, porque éstas solo forman entre el 13-20% de su superficie total y no se esperan mayores ahorros energéticos debido a su cambio. Por tanto, se espera que el junquillo de las ventanas existentes permita adaptarse a los nuevos espesores de los vidrios propuestos, aunque se desconoce realmente esta posibilidad para su ejecución material.

Se calcula que se debe sustituir una superficie total de vidrios en planta baja y sótano y despachos de los módulos, de 1158,16 m<sup>2</sup>, y 1009,98 m<sup>2</sup> de vidrio de los muros cortina de os módulos de planta primera y segunda.

El presupuesto para la sustitución de vidrios, que incluye el montaje de los mismos, se estima rondaría 208.534,96 €; y dado un ahorro energético anual de 7.293,20 kWh/año debido a la mejora de los vidrios, el periodo de amortización teóricamente sería alrededor de 93 años.

Sin embargo, se cree que la sustitución de vidrios podría garantizar un confort térmico, tal que el usuario no tendría tanta necesidad de usar el sistema de climatización, y por tanto, se podría reducir significativamente el consumo eléctrico anual en climatización del edificio.

Tabla 37. Resumen estudio de viabilidad propuesta sustitución vidrios edificio

Orientación ventanas	Vidrios edificio PS:4/16/6 PB:4/16/4+4	Vidrios Muro cortina P1-P2: 6/16/3+3
NORTE	230,12	973,23
SUR	318,00	0,00
ESTE	329,21	18,37
OESTE	280,83	18,37
Superf. Vidrio parcial (m <sup>2</sup> )	1.158,16	1.009,98
Superf. Vidrio total (m <sup>2</sup> )	2.168,14	
Precio vidrios (€/m <sup>2</sup> )	85,57	108,35
Presupuesto parcial vidrios €	99.100,78	109.434,18
<b>Presupuesto general vidrios €</b>	<b>208.534,96</b>	
Ahorro energético anual (kWh/año)	7.293,20	
Precio electricidad medio en 25 años (€/kWh)	0,31	
Ahorro promedio factura eléctrica anual €	2.239,34	
Periodo amortización (años)	93,12	

Fuente: cálculos de elaboración propia

### 7.2.3. AISLAMIENTO TÉRMICO DE MUROS Y CUBIERTAS

Se propone aumentar el aislamiento térmico de los muros exteriores y cubiertas de los espacios acondicionados del edificio.

Para mejorar el aislamiento térmico de los *muros*, se propone un insuflado (relleno) de las cámaras de aire con *perlas de poliestireno expandido*. Los muros exteriores cuentan con un panel de poliestireno expandido de 5 cm de grosor en una cámara de aire de 25 cm aprox., por lo que se podría rellenar la cámara de aire con grosor máximo de 20 cm.

En los muros de los pasillos de los despachos de planta primera y segunda no hay aislamiento térmico, y se propone también el relleno de su cámara de aire, que en este caso es de 15 cm de grosor. Por tanto, se descarta la opción de colocar planchas de XPS por el exterior de los muros de los pasillos de los despachos de los módulos porque no surtiría apenas efecto el aislamiento.

En cuanto al refuerzo de aislamiento térmico de las *cubiertas* no transitables de grava del edificio, se propone incrementar el grosor de aislamiento térmico con una segunda plancha de poliestireno extruido XPS de 4 cm de grosor. Se cree que al añadir el aislamiento térmico a las cubiertas, la grava quedaría enrasada prácticamente con el peto perimetral de fábrica de ladrillo, pues tiene 20 cm de altura aprox. desde el forjado de cubierta.

Se ha calculado en *Calener GT* tres casos, el primero con relleno de muros, el segundo con mejora de la cubierta, y por último el aislamiento total de ambos.

Tabla 38. Resultados de ahorro energético de cálculo por aislamiento térmico

Ahorro energético %	Aislamiento muros	Aislamiento cubiertas	Aislamiento muros+cubiertas
Consumo eléctrico	0,75%	0,35%	1,63%
Demanda de calefacción	2,19%	0,86%	5,51%
Demanda de refrigeración	0,87%	1,26%	4,47%

Fuente: elaboración propia a partir de resultados de *Calener GT*

Se observa que el aislamiento térmico de los muros, genera una reducción de la demanda de calefacción del 2,19% y 0,87% en la demanda de refrigeración. Los resultados parecen ser coherentes porque el edificio tiene mejor comportamiento térmico en periodo de verano.

Por otra parte, se generaría un ahorro eléctrico en climatización del 0,75%, cuyo dato es inapreciable porque las máquinas de aire acondicionado suelen funcionar las

7. EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y ECONÓMICA DE LAS PROPUESTAS DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICA

mismas horas durante todo el año, pero las personas notarán considerablemente un mayor confort térmico y también acústico; por lo que realmente los ahorros en climatización pudieran ser mayores de los calculados, porque la climatización en realidad funciona cuando el usuario la acciona manualmente, y si la temperatura interior se mantiene, se reducirían muchas horas de uso anuales en climatización.

En cambio, el aislamiento térmico de las cubiertas, generaría una reducción del 1,26% de la demanda en refrigeración y un 0,86% en la demanda de calefacción, siendo los ahorros térmicos similares. Sin embargo, el ahorro correspondiente a la factura eléctrica del edificio por climatización apenas se ve reducido un 0,35%, por lo que a efectos prácticos el aislamiento térmico de cubiertas se notará en el interior de los espacios en los momentos de mayor carga punta.

Si se combina el aislamiento térmico de muros y cubiertas, la reducción de la demanda térmica incrementa considerablemente hasta un 5% aprox., siendo más notable en la demanda de calefacción. El ahorro eléctrico generado en climatización respecto del consumo eléctrico total del edificio, también aumentaría al menos hasta un 1,63%.

La calificación energética del edificio sería B con índice 0.63, sin mejorarse respecto el estado actual. En cambio la calificación de la demanda de calefacción resultante sería B con índice 0.42 y calificación B con índice 0.51 en la demanda de refrigeración.

Considerando que la climatización tuviera el mismo funcionamiento que en la actualidad, se estima se generaría un ahorro eléctrico mínimo de 8.630,5 kWh/año, y aunque el aislamiento térmico del edificio no es atractivo para la amortización de una inversión estimada en 186.026,51€, sería efectivo para mantener un confort térmico mínimo en el interior del edificio, que es lo que más se echa en falta por el usuario.

Tabla 39. Presupuesto y mediciones propuesta aislamiento térmico del edificio

Zona Aislamiento térmico (grosor)	Perímetro (m)	Altura (m)	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Precio unitario (€/m <sup>2</sup> )	Presupuesto €	Presupuesto (%)
Total PS-PB (20 cm)	614,77	3,22	1.979,55	395,91	52,22	103.372,04	67,24%
Total P1-P2 (15 cm)	220,33	2,67	588,29	88,24	41,10	24.178,76	15,73%
Cubiertas edificio (4 cm)	10.968	-	3.045,36	121,81	8,60	26.190,11	17,04%
Presupuesto Ejecución Material €						153.740,92	
<b>Presupuesto General €</b>						<b>186.026,51</b>	
Ahorro anual energía eléctrica (kWh/año)						8.630,5	
Ahorro anual factura eléctrica (€/año)						1.208,27	
Periodo amortización (años)						NO - 154	

Fuente: cálculos de elaboración propia

#### 7.2.4. ESTANQUEIDAD DE LOS ESPACIOS

Se ha demostrado mediante el estudio energético del edificio en *Calener GT*, que la *infiltración del aire* a los espacios del edificio genera una demanda de calefacción anual de 531 MWh/año y una demanda de refrigeración de 270 MWh/año, siendo la demanda de calefacción por infiltraciones casi el 73% de la demanda total y el 42% en demanda de refrigeración total.

Por tanto, en el edificio de la *Escuela Politécnica Superior IV* sería necesario controlar el paso del aire por las puertas y ventanas, es decir, hacerlas más estancas al aire. La propuesta de mejora tomada consiste en *reducir la permeabilidad al aire de puertas y ventanas*.

Para el cálculo en *Calener GT*, se ha fijado para las **ventanas** una **clase 4**, de 3 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> y para *ventanas fijas* 1 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>. Para las **puertas de madera** se ha fijado una **clase 3** de 9 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> y para las *puertas acristaladas*, la misma clase, entre 7-8 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, según su superficie. Las clasificaciones de permeabilidad al aire de puertas y ventanas según la *norma UNE-EN 12207:2000 (22)*<sup>35</sup>.

Los resultados al reducir la permeabilidad al aire de las carpinterías son idénticos en cuanto a demandas térmicas y consumos energéticos, pero en cambio el **edificio de Referencia** aumenta su demanda y consumo brutalmente aprox. el triple que el *edificio de Referencia* de cálculo actual, de tal manera que se obtiene una calificación A del edificio con índice 0,24.

Por tanto, esta propuesta de mejora no se soluciona sólo con reducir la permeabilidad al aire de las carpinterías porque el resultado de cálculo en *Calener GT* es un ahorro nulo en todos los sentidos, y además hay que tener en cuenta que si los espacios fueran estancos, no habría posibilidad de renovar el aire interior las mínimas veces por hora que indica el *RITE (3)*<sup>36</sup>.

Para cumplir con la normativa vigente *RITE* y garantizar una calidad del aire interior adecuada para aulas y despachos es necesario renovar el aire. La respuesta a esta propuesta de mejora viene obligada al uso de un *sistema de ventilación del aire* interior, que consiste en la implantación de **recuperadores de calor** en las aulas de tal forma que

---

<sup>35</sup> **AEN/CTN 85**. UNE-EN 12207. Ventanas y puertas. Permeabilidad al aire. Clasificación, 2000.

<sup>36</sup> **Ministerio de industria, energía y turismo**. Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios, 2013.

se extraiga el aire interior sin perder la totalidad de su temperatura, conservando entre el 50-90% de la temperatura interior del aire.

Esta propuesta de estanqueidad de los espacios con el *sistema de recuperación de calor*, se desarrolla en el apartado 7.3.2.

Para lograr una estanqueidad en los espacios del edificio, se precisa emplear burletes para cubrir los huecos o cavidades de las puertas en primer lugar. Para las puertas y ventanas abatibles, hay tres tipos de soluciones con distintos materiales:

1. Los burletes de *espuma* sirven para cavidades pequeñas entre 1-4 mm, destacables por su flexibilidad con vida útil de hasta 5 años.

2. Los burletes de *caucho* son para huecos medianos entre 2-5 mm, con la ventaja de que resiste a la intemperie y a la radiación solar.

3. Los burletes de *silicona* son para cavidades variables entre 1-7 mm y ofrecen máxima resistencia y aislamiento, con una vida útil de 10 años.

4. Los burletes de cepillo, se adhieren a los carriles interiores de las puertas y ventanas correderas para sellarlas, con vida útil de hasta 2 años.



Figura 27. Esquema tipos de burletes  
Fuente: LeroyMerlin

Por otro lado, están los **burletes** **Bajopuertas**, que cubren el hueco entre suelo y hoja de la puerta, habiendo tres tipos de sujeción a la puerta: de forma *basculante*, tal que el listón del burlete se atornilla a la puerta; de forma *adhesiva*, con un perfil de aluminio y un cepillo, y de

**doble rollo** compuesto por lámina flexible de PVC de alta densidad y recubrimiento de poliéster, sin ningún tipo de sujeción, colocado a ambos lados de la puerta de forma que evita la posible entrada de aire y aísla térmicamente.



Figura 28. Tipo de burletes bajopuerta  
Fuente: LeroyMerlin

## 7. EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y ECONÓMICA DE LAS PROPUESTAS DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICA

Los *burletes bajpuertas* de tipo basculante y adhesivo, pueden estar compuestos por un listón de PVC, aluminio o madera y por un material aislante que puede ser de pelo, caucho o caucho reforzado, siendo este último el que aporta un máximo aislamiento.

Para la *Escuela Politécnica Superior IV*, las puertas de aulas de planta baja y sótano tienen cavidades de 6 mm aprox. según las mediciones, por lo que la solución adoptada más conveniente sería la colocación de burletes de silicona para los huecos generados entre la hoja de las puertas y los marcos, y por otro lado, la colocación de burletes bajpuertas de tipo doble rollo para todas las puertas del edificio.

En los despachos de los módulos de planta primera y segunda, cabría la posibilidad de colocar un burlete bajpuerta tipo adhesivo, pero dado el gran número de unidades de burlete necesarias, parecen ser más rentables y estancos los burletes de doble rollo, con la ventaja de que pueden cortarse con cúter para adaptarse totalmente a las dimensiones de las puertas.

En cuanto a burletes de ventanas, las ventanas existentes son tipo basculante con eje horizontal o fijas, y ya disponen de burlete de tipo cepillo, por lo que se desconoce realmente si su mejora pudiera ser sustituir su burlete por otro de PVC o caucho.

A continuación se describe un presupuesto estimado de los burletes de puerta pero se omite para ventanas porque ya parecen estancas de al menos clase 3.

Tabla 40. Precios unitarios burletes

Tipo burlete	€/ud	m/ud	Burlete (€/m)
Burlete silicona 7 mm	8,95	5,5	1,63
Burlete doble rollo caucho	10,99	0,95	11,57

Fuente: [Leroy Merlin](#) y [Ahorrentucasa](#)

Tabla 41. Presupuesto Ejecución Material Burletes

Tipo puerta	Doble	Simple	Simple despachos	Total
Ud. Puertas	56	25	168	249
Longitud burlete silicona (m/ud)	9,92	6,49	5,50	7,30
Longitud Total burlete silicona (m)	555,52	162,25	924,00	1.641,77
Burlete silicona (€)	903,98	264,03	1.503,60	2.671,61
Long. Total burlete doble rollo (m)	98,56	26,25	134,40	259,21
Burlete doble rollo caucho (€/m)	1.140,18	303,67	1.554,80	2.998,65
Burlete doble rollo caucho (€/ud)	1.295,66	289,21	1.943,49	3.528,37
Mano de obra €	484,74	139,40	780,86	1.405,00
Costes indirectos € (3,2%)	85,90	22,16	135,29	243,36
<b>PEM €</b>	<b>2.770,28</b>	<b>714,79</b>	<b>4.363,25</b>	<b>7.848,33</b>

Fuente: cálculos de elaboración propia

### 7.2.5. VENTILACIÓN CRUZADA EN LOS MÓDULOS

Para los **despachos** se propone colocar **burlete** en las puertas, para reducir su permeabilidad al aire, y *ventilar de forma natural* cuando sea necesario, siendo muy conveniente en periodo de verano generar una **ventilación cruzada** en los módulos de planta primera y segunda, para ello abriendo las ventanas de los despachos y **muros cortina**, siendo también necesario **mover las ventanas** de eje horizontal de los muros cortina en su parte superior, con abertura hacia el interior y tirador en su parte superior.

Sin embargo, la propuesta de **ventilación cruzada** de los módulos en periodo de verano, es un tanto abstracta, porque se ha comprobado que se genera una corriente de aire importante al abrir la ventana de los despachos, muro cortina y puerta del despacho; lo cuál incomodaría al personal.

En todo caso, se podría plantear el uso de **aireadores** sobre los marcos de las puertas de los despachos o algún sistema de compuerta o rejilla que permita abrir y cerrarse según la estación del año.

El programa *Calener GT* no pudo tener en cuenta el efecto de la ventilación natural en el cálculo energético, por lo que en este caso no se puede estimar ningún ahorro energético en ese sentido.

En cualquier caso, en *Calener GT* se podría aumentar el número de renovaciones por hora de los espacios de los módulos de planta primera y segunda, pero los resultados serían un incremento de la demanda de calefacción en mayor medida, y también un incremento de forma inapreciable de la demanda de refrigeración; por lo que, en consecuencia, este cálculo aumentaría el consumo eléctrico de climatización del edificio.



### **7.3. PROPUESTAS DE MEJORA DE LAS INSTALACIONES DEL EDIFICIO**

Para reducir la factura eléctrica del edificio es muy conveniente tomar medidas de mejora de las instalaciones del edificio.

En primer lugar, parece imprescindible mejorar la eficiencia de la iluminación, pues el estudio energético indica que no cumple los requisitos mínimos *VEE* en buena parte de los espacios del edificio. Se esperan ahorros eléctricos importantes pues el edificio dispone de más de 2.000 luminarias que funcionan todos los días laborales del curso académico.

Por otra parte, sería conveniente y necesario por cumplimiento de normativa, el control de la renovación del aire interior de los espacios por ventilación mecánica. Para ello el sistema de ventilación debería recuperar el calor y enfriar gratuitamente en los momentos que lo permita la temperatura del aire exterior.

Este nuevo sistema implica hacer casi hermético los espacios, de forma que el movimiento de aire se controle totalmente por el sistema de ventilación y no de forma natural, para evitar importantes pérdidas energéticas de la temperatura del aire interior de los espacios.

Además también se proponen instalaciones con energía renovable como son la fotovoltaica y la geotérmica con bombas de calor e intercambiadores enterrados en circuito cerrado.

### 7.3.1. ILUMINACIÓN LED

La mejora de eficiencia energética en la instalación de iluminación del edificio es la medida de ahorro energético eléctrico del edificio más directo, porque consiste en sustituir las luminarias existentes por otras de tipo LED de menor consumo energético y alta eficiencia energética en iluminación, evitando obra nueva y costes de mano de obra importantes, pues la sustitución es rápida, estimando entre 3 y 5 minutos por luminaria.

Como se ha descrito en el estudio de eficiencia energética de la iluminación del edificio, las aulas y laboratorios disponen de luminarias tipo T8 de 36W y longitud 1200 mm, los despachos y talleres disponen luminarias tipo T8 de 18W y longitud 600 mm, los aseos disponen halógenos de 50W y los pasillos interiores y exteriores disponen luminarias empotradas en falso techo registrable de tipo downlight 26W.

Se propone la mejora de la eficiencia energética en iluminación sustituyendo las luminarias existentes en el edificio por otras de tipo LED, que consiste en luminarias tipo T8 LED de 17W y longitud 1200 mm, T8 LED de 9W y longitud 600 mm, halógenos LED de 7W y Downlights LED de 15W y 170 mm de diámetro interno.

Figura 29. Luminarias LED propuestas para la sustitución

LED de 17W 1200 mm	T8 LED de 9W 600 mm	Halógeno LED 7W	Downlight 15W
			
Fuente: <a href="#">Rakuten</a>	Fuente: <a href="#">Rakuten</a>	Fuente: <a href="#">Rakuten</a>	Fuente: <a href="#">Rakuten</a>

Consultar producto y su precio unitario mediante el hipervínculo de la fuente indicado por cada luminaria

La contabilidad de luminarias es de 654 unidades T8 LED 17W 1200 mm en aulas de planta sótano, 624 unidades T8 LED 17W 1200 mm en aulas de planta baja, 232 unidades T8 LED 17W 1200 mm y 116 unidades T8 LED 9W 600 mm en salas, talleres y laboratorios de planta baja y sótano, 512 unidades T8 LED 9W 600 mm en despachos de los módulos de planta primera y segunda, 36 unidades de Halógenos 7W en los aseos del edificio, 88 unidades Downlight LED 15W en pasillos interiores del edificio.

Se pueden sustituir los downlight de los pasillos exteriores aunque en el estudio de cálculo energético en *Calener GT* no se tienen en cuenta su ahorro energético, por estar

ubicados en espacio exterior no habitable. Se contabiliza 116 unidades *downlight* en planta sótano y 93 unidades en planta baja.

La sustitución de las luminarias por tipo LED mejoran sustancialmente la eficiencia energética en iluminación, con valores variables entre VEEI 0.84 y 3.34, con una media resultante de VEEI 1.46 en la *Escuela Politécnica Superior IV* frente a VEEI 4.48 actual, lo que supone una reducción del 67,54% del VEEI del edificio.

El *consumo eléctrico* por espacio, medido en  $W/m^2$ , se reduce un 55,81% con las luminarias T8 17W 1200 mm, un 56,52% con las luminarias T8 9W 600 mm, un 86,675 con los *halógenos LED* y un 48,48% con los *downlight LED*.

Hay que tener en cuenta que para la instalación de las nuevas luminarias, además se reduce el consumo de los balastos y reactancias, sólo siendo necesario el consumo adicional producido por el driver de las luminarias LED, que varía entre 1-2 W por luminaria.

La *iluminancia media mantenida ( $E_m$ )*, medida en lux, se ha calculado que aumentaría, según informes de fabricantes, un 27,26% en los espacios con luminarias T8 17W 1200 mm, un 41,83% con T8 9W 600 mm, un 18,75% con halógenos LED y un 5,40% con *Downlight LED*.

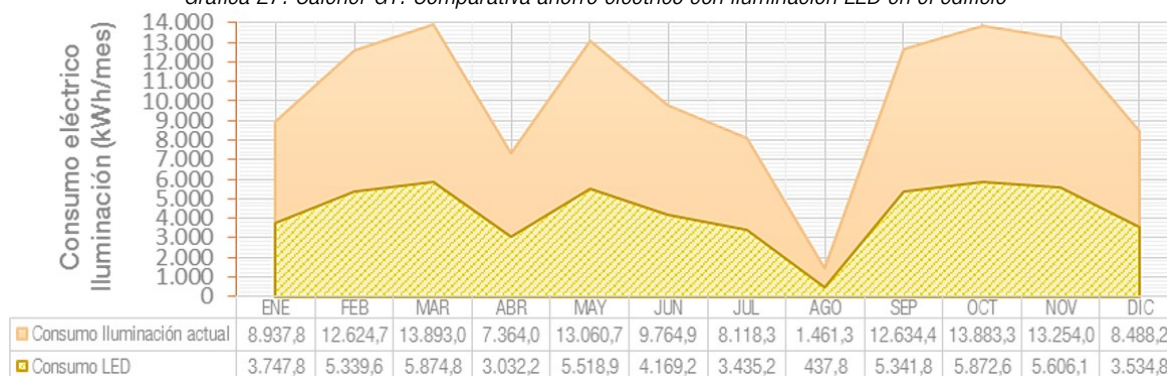
La *iluminancia media mantenida* resultante, con todas las luminarias encendidas, sería de 513-523 lux en aulas grandes y de 611 lux en el aula EP/S-09G y EP/0-23G, de 492 lux en aulas de tamaño mediano, de 481 lux en *aulas de informática*, de 317 lux en el aula de dos alturas EP/S-04 de *dibujo arquitectónico*, de 711 lux en el *taller de arquitectura (pecera)*, de 365 lux en el *salón de actos*, de 698 lux en los *laboratorios de investigación*, de 403 lux en los *despachos* de los módulos y 687 lux en los despachos de la zona de *secretarías* de los módulos, de 353 lux en los aseos, de 402 lux en *conserjería*, de 250 lux en los *pasillos interiores* del edificio.

Según el cálculo realizado mediante *Calener GT*, la sustitución de las luminarias por tipo LED supone un ahorro eléctrico anual de 70.043,20 kWh/año, una reducción del 13.23% de la factura eléctrica del edificio, con una reducción satisfactoria del 58,14% en emisiones de CO<sub>2</sub>, resultando 3.6 kg/CO<sub>2</sub> año, con una consecuente reducción del 62,62% del índice de emisiones por consumo eléctrico en iluminación, de índice 0.40 y calificación energética A en iluminación. La calificación energética general del edificio resultante es B con índice 0.53 frente al índice 0.64 actual, es decir, la diferencia es considerable.

Realmente, la iluminación LED generaría un ahorro total anual de 71.574 kWh/año, pero la reducción de la potencia instalada en iluminación, generaría un incremento del 2,28% en la **demanda en calefacción** por reducir la potencia de las luminarias; con lo cual, existiría un ligero aumento anual en el *consumo en climatización*. Por otra parte, se generaría una reducción del 3,98% de la *demanda de refrigeración*, que se considera importante.

La calificación energética de la demanda de calefacción resultante sería B con índice 0.46 y calificación B con índice 0.51 en la demanda de refrigeración.

Gráfica 27. Calener GT. Comparativa ahorro eléctrico con iluminación LED en el edificio



Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de Calener GT

Tras sustituir las luminarias a LED, habría un ahorro mensual mínimo de 4.330 kWh en el mes de Abril, y hasta 8.020 kWh en los meses de Marzo y Octubre, cuyos ahorros varían según el uso del edificio y los días festivos de cada mes.

Por otra parte, se realiza un segundo cálculo manual más detallado del consumo eléctrico en iluminación del edificio con la iluminación LED. Los resultados son una potencia total instalada en iluminación de 69,328 kW, con un consumo mínimo anual de 51.005,32 kWh/año, lo que supone un ahorro eléctrico anual mínimo de 43.483,37 kWh/año y un 85,25% en el consumo de la instalación de iluminación del edificio.

Se tiene en cuenta que las horas detalladas para este cálculo de iluminación son estrictas a las horas de uso que tuvo el edificio en el curso académico 2013/14, registradas según la *Unidad Técnica de Calidad* de la Universidad de Alicante.

Los resultados de cálculo en iluminación de *Calener GT* indican son un poco superiores respecto del horario estricto de uso de los espacios del edificio, pero en este caso no se considera una reducción del consumo eléctrico de *Calener GT* en iluminación porque el uso actual en iluminación es mínimo, y por otra parte se entiende y presupone

que aumentarían las horas de uso de la iluminación, al saber que las nuevas luminarias son de muy bajo consumo eléctrico.

El *presupuesto de ejecución material* para la sustitución de las luminarias de todo el edificio se ha calculado en 34.304,65€, siendo un 68% correspondiente a las luminarias T8 17W 1200 mm, un 18% a las luminarias T8 9W 600 mm, un 13% a los downlight, y un 1% a los halógenos. Los precios unitarios de sustitución de las luminarias incluyen la mano de obra, medios auxiliares y costes indirectos.

El presupuesto final, incluyendo impuestos y pago a la empresa que realice la obra, se cifra en 44.939,09€, que implica un 21% en IVA, un 8% de beneficio industrial y 2% de gastos generales de la empresa instaladora.

Teniendo en cuenta el precio medio de la electricidad de la Universidad de Alicante, cercano a 0,14 €/kWh, el ahorro anual de la factura eléctrica del edificio sería de 9.700,35€, por lo que el periodo de retorno estático sería de 4.63 años, es decir, se amortizaría la inversión inicial de casi 45.000€, en 5 años.

Comparativamente, la instalación de iluminación actual genera una factura eléctrica anual de 17.100,50 €, y tras sustituir por la iluminación LED, se generaría una factura eléctrica anual correspondiente al consumo en iluminación, de 7.189,60 € el primer año.

En el *estudio de viabilidad dinámico*, se considera un incremento anual del precio de la electricidad del 5% y una explotación de la inversión de hasta 5 años, siendo los resultados, un VAN de 32.183,31€ y TIR 6,74%, amortizándose la versión inicial tras el quinto mes del 5º año. Por tanto, la propuesta de mejora de la iluminación es atractiva por su rentabilidad económica.

A continuación se muestra un resumen de los resultados de cálculo de viabilidad económica de la propuesta.

7. EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y ECONÓMICA DE LAS PROPUESTAS DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICA

Tabla 42. Resumen estudio viabilidad. Sustitución luminaria LED

Tipo Luminaria (W)	Unidades	Precio unitario €	Coste €	% coste
LED T8 1,20 m (17W)	1.510	15,53	23.450,30	68%
LED T8 0,60 m (9W)	628	9,86	6.192,08	18%
Halógeno LED (7W)	36	9,47	340,92	1%
Downlight LED (15W)	297	14,55	4.321,35	13%
Downlight LED (15W)	209	14,55	3.040,95	68%
Presupuesto Ejecución Material PEM €			34.304,65	
Presupuesto general €			<b>44.939,09</b>	
Ahorro consumo elect. (kWh/año)			70.047,40	
Calificación energética edificio - índice			<b>B – 0.53</b>	
Precio elect. UA (€/kWh)			0,14	
Ahorro anual EPS IV €			<b>9.700,35</b>	
Retorno inversión estática (años)			<b>4,63</b>	
Periodo amortización (años)			<b>5</b>	
Valor Actual Neto VAN €			32.183,31	
Tasa Interna de Retorno TIR %			6,74	

Fuente: cálculos de elaboración propia

Para mayor detalle consultar el documento de calificación energética de la propuesta en el **ANEXO E.4** y el estudio de viabilidad dinámico en el **ANEXO G. Detalles de las instalaciones propuestas.**



### 7.3.2. SISTEMA DE VENTILACIÓN CON RECUPERADOR DE CALOR

Como se ha indicado anteriormente, para reducir la mayor parte de la demanda térmica del edificio es necesario reducir la permeabilidad al aire de las carpinterías y emplear los sistemas de ventilación con recuperador de calor, para conseguir que se renueve el aire interior sin perder toda la temperatura del aire de los espacios.

Los criterios de *reducción de la permeabilidad al aire de carpinterías*, consisten en lograr una clase 4 en ventanas y clase 3 en puertas, con valores variables entre 3-9 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>.

Para cumplir con los objetivos, se plantea la posibilidad de colocar ***burletes*** por toda la hoja de puertas y ventanas, para tapar las juntas entre los elementos de los mismos y evitar la filtración del aire.

En el caso de que no fuera posible, habría que sustituir todas las puertas y ventanas del edificio, pero parece una decisión peligrosa y costosa, porque hay que tener en cuenta que hay modeladas 469 unidades de puertas y ventanas, con una superficie de vidrio total aprox. de 2.731,57 m<sup>2</sup> en todo el edificio.

En cuanto a la ventilación de los espacios, se decide implantar una unidad de recuperador de calor en las aulas de planta baja y sótano, porque en los despachos es imposible dado que existen demasiados despachos, no hay espacio suficiente en falso techo, resulta realmente difícil centralizar un sistema de ventilación con recuperador de calor para todos los despachos, la maquinaria hace ruido y se rompería completamente la estética del edificio, porque sería necesario perforar las fachadas para colocar los conductos de aire que se conectan al recuperador de calor.

Por tanto, se contabilizan 20 recuperadores de calor en planta sótano y 18 unidades en planta baja para las aulas y laboratorios, incluido el taller de arquitectura (pecera).

Para las *aulas* se propone instalar un ***recuperador de calor sin aporte adicional de calefacción***, con caudal de aire 1200 m<sup>3</sup>/h, con dos ventiladores, de ida y de retorno, de 373 W de potencia cada uno, con filtros F7 y con una mínima eficiencia de recuperación de aire del 50%, con base cuadrada de 1050 mm de lado y 500 mm de altura en posición horizontal.



Figura 30. Esquema ventilación del Recuperador de calor



La selección del recuperador de calor se ha fundamentado en la *altura de descuelgue de los falsos techos* del edificio, que es de 50 centímetros; por tanto, si se seleccionase un recuperador de calor con mayor potencia y caudal, su altura en posición horizontal sería mayor de 50 cm y sería obligatorio reducir la altura libre de los espacios del edificio, pero en este caso no se considera posible porque habría que modificar la altura del modelo de simulación y los resultados de cálculo energético no serían comparables por reducir el volumen de aire interior de los espacios.

Para simular el recuperador de calor en *Calener GT*, se ha introducido un subsistema de climatización de tipo “*sólo ventilación*”, cuyo consumo eléctrico viene dado por los dos motores de los ventiladores del recuperador de calor y su horario de funcionamiento es el mismo que para los fan-coils. (23)<sup>37</sup>

Para crear el efecto de reducción de la demanda térmica por el recuperador de calor se ha reducido la permeabilidad al aire de las carpinterías, como se ha descrito anteriormente, y además se ha reducido el valor de **renovación de aire interior de los espacios al 50%**, por la eficiencia de recuperación de calor de las máquinas.

De esta forma se estaría renovando el aire interior de forma continuada, cumpliendo así el mínimo de ventilación de aire interior marcado en *RITE*, pero con la diferencia de que los espacios serían estancos al aire exterior y habría mayor un control del aire interior, evitando que haya pérdidas térmicas constantemente.

Los resultados de cálculo en *Calener GT* para la propuesta de mejora de eficiencia energética del edificio son, una reducción del 21,29% de la demanda de calefacción y un 11,27% en la demanda de refrigeración, con índices de calificación energética A de 0.17 y 0.28 para demanda de calefacción y refrigeración respectivamente; por tanto, la reducción de la demanda térmica es reamente muy favorable y difícil de superar.

En cambio, el *consumo eléctrico* del edificio incrementa un 12,32% hasta 594,80 MWh/año, debido al consumo de los ventiladores de los 38 recuperadores de calor a instalar. Las emisiones de CO<sub>2</sub> por el consumo en climatización incrementan un 19,30%, sin embargo la calificación energética en climatización mejora con una calificación A de índice 0.35.

---

<sup>37</sup> Instituto Catalán de la Energía. Preguntas frecuentes sobre las herramientas de calificación de eficiencia energética de edificios, 2012.

La *calificación energética* resultante es B con índice 0.41, al límite de la calificación A, de índice menor o igual a 0,40.

Si el objetivo es *reducir la demanda térmica* para lograr *confort térmico* y obtener una calificación energética muy favorable, parece ser que esta propuesta es de las más acertadas para aplicar en la *Escuela Politécnica Superior IV*, sin embargo, no cumple el objetivo principal de *reducir la factura eléctrica* del edificio; por tanto, la propuesta no es viable económicamente porque no se generaría ahorro eléctrico.

Por otra parte, el inconveniente de instalar recuperadores de calor sobre el falso techo del edificio es el *nivel de presión sonora media radiado* de 49 dBA a 3 metros de distancia, en campo libre, para el modelo seleccionado.

No obstante, se calcula un presupuesto estimado de la instalación con recuperador de calor junto con los burletes, porque posteriormente se realiza un estudio de propuestas de rehabilitación energética combinadas. El presupuesto estimado para la estanquidad de los espacios y su ventilación con recuperación de calor, se cifra en 131.606,16 €.

Tabla 43. Resumen presupuesto implantación del sistema de recuperación de calor y burletes

Instalación ventilación	Unidades	Precio unitario €	Coste €
Recuperador de calor	38	<b>2.367,71</b>	23.450,30
Conductos ventilación/Accesorios		3,5% P.RC	3.149,05
Perforación fachadas		1,5% P.RC	1.349,59
Presupuesto Ejecución Material Recuperador Calor PEM €			94.471,63
Presupuesto Ejecución Material Burletes PEM €			7.848,33
Presupuesto general €			<b>131.606,16</b>
Periodo amortización (años)			<b>NO</b>

Fuente: cálculos de elaboración propia

En concreto, el recuperador de calor seleccionado que se ajusta a las necesidades del proyecto, es de la empresa *SOLER & PALAU*, [modelo CADB/T-N D F7+F7 sin calefacción añadida](#), montado en caja de acero galvanizado, de doble pared con aislamiento interior termoacústico ininflamable (M0) de fibra de vidrio de 25 mm de espesor, cuya descripción técnica y precio unitario se encuentran en el hipervínculo del modelo.

Para mayor detalle consultar las especificaciones técnicas en el **ANEXO G**, y el certificado energético futuro del edificio con la propuesta de mejora en el **ANEXO E.4**.

### 7.3.3. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Se estudia también la posibilidad de implantar una instalación fotovoltaica sobre las cubiertas de los tres módulos del edificio. Se estima pudieran instalarse alrededor de un total de 180 paneles solares fotovoltaicos, colocados de forma perpendicular a fachada Sur y con ángulo de inclinación  $35^\circ$ , distribuidos en tres series de 20 paneles solares, conectados a un inversor por cada módulo, es decir, una instalación fotovoltaica de tres grupos de 20 paneles solares por módulo.

El **panel solar** seleccionado es el *modelo STM 210 F* del fabricante *SunTechnics*, con una eficiencia del 17% y una potencia de pico de 210 Wp, con una tensión en vacío de 47,80 V y una intensidad de 5,70 A, de dimensiones de 800 mm de ancho y 1560 mm de alto, con espesor de 42 mm, tal que según la zona climática de Alicante pudiera trabajar a una temperatura máxima de  $80,1^\circ\text{C}$ . El precio del panel solar se estima en 1,5 €/Wp, por lo que este modelo rondaría 315 € la unidad.

El **inversor** seleccionado sería capaz de dar servicio a los 180 paneles solares de la instalación propuesta. Sus características son una potencia nominal de salida de 50 kW y potencia máxima de 66 kW, con un rendimiento del 94,8%, con voltaje variable entre 430-800 V, 900 V en vacío y 340 V al encender, con una intensidad máxima de 120 A, con un precio de 15.750 € por unidad. Se va a considerar que hay tres inversores con el precio total de este modelo.

La potencia total de diseño resultante sería de 35.492,3 Wp, pero quedando finalmente reducida a 35.087,4 Wp contando las pérdidas de cables por la temperatura.

La energía eléctrica anual generada sería de 70.926,7 kWh/año con 2021 horas equivalentes de captación solar, pero teniendo en cuenta la limitación de que la instalación de los paneles solares es *fija sin seguidor*, orientada a  $-17^\circ$  respecto del Sur, en una zona V de Alicante con mucha radiación solar y una media anual de 5,54 horas pico solares y un máximo de 6,58 horas pico solares al día en Julio; la **producción eléctrica estimada anual sería de 64.058 kWh/año** con 1825 horas equivalentes anuales.

## 7. EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y ECONÓMICA DE LAS PROPUESTAS DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICA

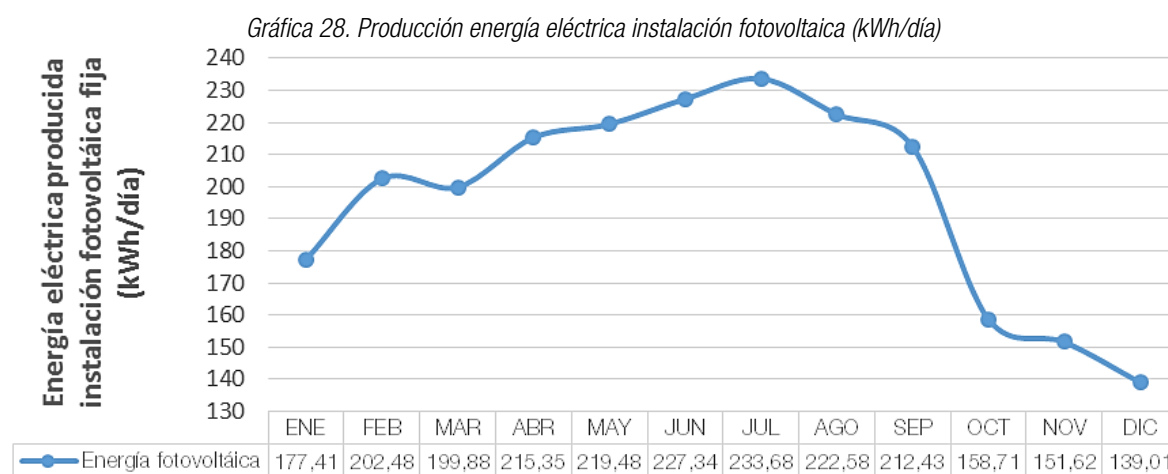
Tabla 44. Datos y cálculos de radiación solar, meteorológicos, y geográficos de Alicante

	Alicante
Latitud de cálculo:	38,35
Latitud (°/min.):	38,21
Altitud [m]:	109,00
Humedad relativa media (%):	60,00
Velocidad media del viento (Km/h):	9,00
Temperatura máxima en verano (°C):	31,00
Temperatura mínima en invierno (°C):	0,00
Variación diurna:	13,00

Meses	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Tª. media ambiente (°C):	11,00	11,80	14,00	15,90	19,00	22,80	25,50	26,10	23,70	19,30	15,20	12,00	18,0
Rad. horiz. (kJ/m²/día):	9.360	13.540	16.244	20.746	23.720	25.870	26.088	22.446	18.522	13.386	9.264	7.502	17.224
Rad. HORIZONTAL, HPS	2,61	3,77	4,52	5,78	6,60	7,20	7,26	6,25	5,16	3,73	2,58	2,09	4,80
Rad. inclin. (kJ/m²/día):	17.955	20.492	20.228	21.794	22.212	23.008	23.649	22.526	21.499	16.062	15.344	14.069	19.903
Rad. Inclinada, HPS	5,00	5,70	5,63	6,07	6,18	6,41	6,58	6,27	5,99	4,47	4,27	3,92	5,54
Media verano HPS:	6,25		Media invierno HPS:				4,83	Valor máximo HPS:			6,58		

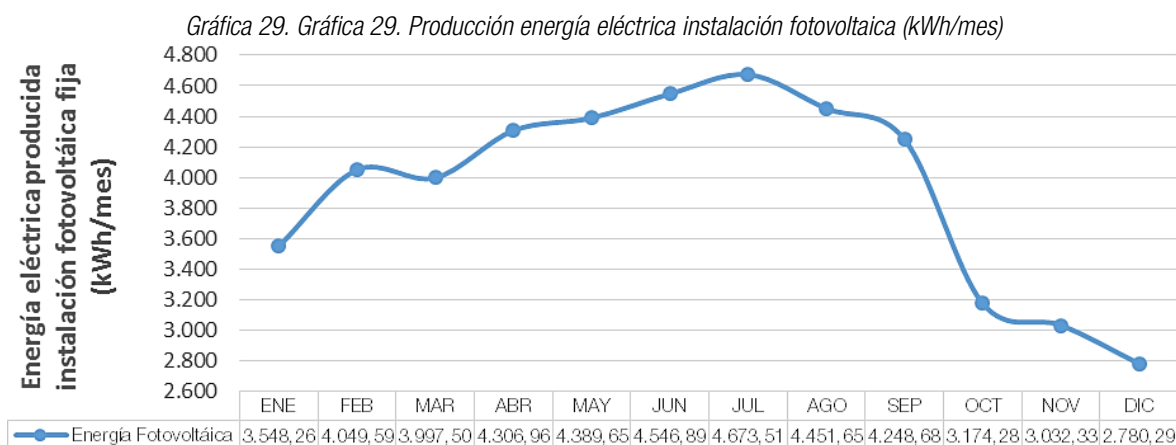
Fuente: hoja de cálculo tabulada basada en el libro Radiación Solar Sobre Superficies Inclinadas del Ministerio de Energía

Si se consideran las horas pico solares según el mes del año y la potencia fotovoltaica instalada, se calcula que la producción de energía fotovoltaica diaria estimada para los días de cada mes, variaría desde 139 kWh/día en Diciembre y hasta 234 kWh/día en Julio.



Fuente: elaboración propia a partir de tabla de cálculos tabulada de instalación fotovoltaica conectada a la red

## 7. EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y ECONÓMICA DE LAS PROPUESTAS DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICA



Fuente: elaboración propia a partir de tabla de cálculos tabulada de instalación fotovoltaica conectada a la red

Tabla 45. Relación producción energía fotovoltaica y consumo eléctrico mensual edificio (kWh/mes)

Mes	Total edificio	Energía Fotovoltaica	%
ENE	55.320	3.548,26	6,41%
FEB	62.256	4.049,59	6,50%
MAR	56.650	3.997,50	7,06%
ABR	25.665	4.306,96	16,78%
MAY	41.635	4.389,65	10,54%
JUN	49.145	4.546,89	9,25%
JUL	57.709	4.673,51	8,10%
AGO	1.935	4.451,65	230,06%
SEP	59.275	4.248,68	7,17%
OCT	49.160	3.174,28	6,46%
NOV	55.095	3.032,33	5,50%
DIC	46.654	2.780,29	5,96%
TOTAL	560.499	47.199,58	8,42%

De la misma forma, si se considera que el aprovechamiento de la energía fotovoltaica son 5 días a la semana, de lunes a viernes, la producción de electricidad fotovoltaica mensual variaría entre 2.780 kWh/mes en Diciembre, hasta 4.674 kWh/mes en Julio. Como resultado, se analiza que la energía fotovoltaica generada en los meses de Abril y Mayo cubriría un 16,78% y 10,54% del consumo eléctrico del edificio, mientras que de media anual, la energía fotovoltaica sólo cubriría el 8,42% del consumo eléctrico del edificio.

Además hay que tener en cuenta que las horas de captación solar suele variar entre las 10 de la mañana y las 5 de la tarde, y que en esas horas de mediodía el consumo eléctrico fundamentalmente sería en climatización y equipamiento, pues la iluminación sería el menor consumo eléctrico.

Por tanto, debido a las horas de funcionamiento del edificio no se aprovecharía totalmente la energía fotovoltaica producida, por lo que su aporte energético en torno al 8% del consumo eléctrico del edificio parece insignificante para el coste de la implantación de la instalación fotovoltaica.

Observando los resultados, se plantea la posibilidad de multiplicar el número de paneles fotovoltaicos en cubiertas de los módulos del edificio.

En tal caso, se calcula que según el ángulo de 35°C de inclinación de los paneles solares y su altura de al menos 30 cm sobre anclaje al soporte de hormigón armado sobre cubierta, se estima que la separación entre filas de paneles solares debería ser al menos de 3.518 mm, pero teniendo en cuenta que el ancho disponible de cubierta es de una longitud aprox. de 5,90 metros y que la altura de los paneles solares es de 1560 mm, la separación entre las dos filas de paneles sería de 2550 mm, menor que 3518 mm; por tanto no sería posible ampliar el número de paneles solares en cubierta, porque la primera fila generaría sombra sobre los paneles solares de la segunda fila.

Por otra parte, se plantea la posibilidad de que la energía eléctrica producida la consuma directamente el edificio y si sobra que se envíe a la red, o que se envíe todo a la red eléctrica para su venta.

Si el edificio consumiera directamente la energía eléctrica generada por la instalación fotovoltaica, el ahorro de la factura eléctrica sería a precio de la electricidad de 0,14 €/kWh, lo cuál no conviene para amortizar la instalación, pues si se vierte la totalidad de la energía eléctrica producida durante todos los días del año, la empresa eléctrica suministradora supuestamente pagaría al edificio con una tarifa de 0,44 €/kWh para potencias inferiores a 100 kW y 0,22 €/kWh para potencia de la instalación superior a 100 kW. Ese precio de venta eléctrica puede que fuese durante el gobierno anterior, y ahora se cree ha disminuido hasta 0,25 €/kWh.

En este caso, a 0,44 €/kWh, la instalación fotovoltaica propuesta dispondría de una potencia total instalada de 35,09 kW, por tanto, esperando que la empresa eléctrica pague la energía inyectada a la red, en el mejor de los casos se generaría un beneficio anual de 28.186 € y la inversión inicial se amortizaría en un mínimo de 6 años.

Se estima que el presupuesto total de la instalación fotovoltaica con 180 paneles solares sobre cubierta de los tres módulos del edificio, sería en torno a 180.876 €, y teniendo en cuenta la venta eléctrica a 0,25 €/kWh, un mantenimiento anual a partir del segundo año de 1.500€, un incremento anual del precio de la energía eléctrica del 5%; la instalación fotovoltaica se amortizaría en 10 años, generando en 12 años un VAN de 79.850,95 € y un TIR de 4,56%.

Si se considera además que la vida útil de la instalación fotovoltaica son 20 años, en ese tiempo se habría generado un beneficio suficiente para la completa renovación de la instalación fotovoltaica pasado 20 años.

7. EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y ECONÓMICA DE LAS PROPUESTAS DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICA

Tabla 46. Resumen estudio viabilidad. Instalación fotovoltaica

Partidas instalación fotovoltaica	Coste €	%
Paneles solares	58.590	46,64%
Convertidores y sistema de captación	15.750	12,54%
Estructura y sistemas de soporte	11.897	9,47%
Obra	6.930	5,52%
Cableado, cuadros de protección, contadores y de conexión a la red	14.710	11,71%
Sistema de control y monitorización	4.864	3,87%
Seguridad y salud	3.059	2,44%
Legalización y tramitaciones	9.816	7,81%
Presupuesto Ejecución Material PEM €	125.617	
Gastos Generales (13%)	16.330	
Beneficio Industrial (6%)	7.537	
IVA (21%)	31.392	
Presupuesto general €	180.876	
Energía eléctrica anual generada (kWh/año)	64.058	
Tarifa venta energía eléctrica a red (€/kWh)	0,25	
Coste anual de mantenimiento €	1.500	
Beneficio anual energía eléctrica €	16.014,49	
Periodo amortización (años)	10	
Periodo explotación (años)	12	
Valor Actual Neto VAN €	79.850,95	
Tasa Interna de Retorno TIR %	4,56%	

Fuente: cálculos de elaboración propia

Por otra parte, a efectos de calificación energética, la energía eléctrica generada de 64.058 kWh/año, produciría una reducción del 11,44% del consumo de energía primaria y una reducción distribuida del consumo eléctrico en climatización del 11,40% y en iluminación del 11,63%; tal que la calificación energética resultante sería B con índice 0.57.

Como observación final, el coste de la instalación fotovoltaica ha disminuido considerablemente los últimos 5 años en España, pues su mercado es actualmente maduro y es una fuente de energía renovable de las más extendidas en el país.

Sin embargo, la rentabilidad de la instalación fotovoltaica depende totalmente de la variación anual del precio de la energía eléctrica y la tarifa de venta de la electricidad generada a la red eléctrica, por lo que no es de extrañar hasta el año 2009 tener un periodo de amortización de hasta 35 años.

En este caso, el resultado económico es bastante favorable, aunque se cree que cada vez será más rentable la implantación de instalaciones fotovoltaicas y solar térmica en edificios.



#### 7.3.4. INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN CON BOMBAS DE CALOR GEOTÉRMICAS

Se propone como caso especial, para la rehabilitación energética del edificio, la mejora de la eficiencia energética de la instalación de climatización del edificio, pues casi el 70% del consumo eléctrico del edificio proviene de la climatización.

Como una posible mejora de la instalación de climatización del edificio, se propone la implantación de una instalación geotérmica con bombas de calor geotérmicas acopladas al terreno y conectadas al sistema de climatización actual, formado por bombas de calor aire-agua y fan-coils, de forma que se aumente el rendimiento general de la instalación, y la maquinaria consuma mucha menos electricidad para calentar o enfriar el agua de los circuitos hidráulicos de climatización.

En concreto, según otros estudios realizados por el autor de este proyecto, se propone una instalación geotérmica compuesta por 5 bombas geotérmicas, tres circuitos de intercambiadores geotérmicos compuestos por 15 sondas geotérmicas cada uno a una profundidad de 125 metros, y tres grupos de presión con bombas recirculadoras del fluido caloportador de la instalación geotérmica.

La simulación del cálculo energético de la instalación geotérmica en *Calener GT*, consiste en definir bombas de calor tipo agua-agua con las características técnicas de una bomba geotérmica conectadas en serie a cada bomba de calor aire-agua del circuito hidráulico de climatización del edificio, de forma que se conecten a las bombas geotérmicas un circuito hidráulico de condensación unido a una fuente de alimentación, que se define como una fuente de calor o frío, en este caso a 20°C bajo tierra a una 125 metros de profundidad, como media de todo el año.

La instalación geotérmica calculada para la *Escuela Politécnica Superior IV*, generaría un ahorro del consumo eléctrico en calefacción del 25,43%, un 27,58% en refrigeración, un 22,75% en bombas recirculadoras y un incremento del consumo eléctrico del 4,42% en los fan-coils, tal que se generaría un ahorro total del consumo eléctrico del edificio del 13,04%, un ahorro de la factura eléctrica de 10.344,4 € el primer año, y la calificación energética resultante sería B con índice 0.54.

El presupuesto de ejecución material se estima en 487.912,16 €, viéndose incrementado hasta 624.527,56 € por gastos generales y beneficio industrial de la empresa instaladora y los impuestos de IVA.

7. EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y ECONÓMICA DE LAS PROPUESTAS DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICA

El periodo de amortización se espera sea como mucho hasta los 21 años, considerando un incremento anual del precio de la energía eléctrica del 10%, tal que si el periodo de explotación se extendiera hasta 25 años, se generaría un VAN de 88512,83 € y un TIR del 2,71%.

No obstante, se cree que se pudiera hasta duplicar el ahorro eléctrico estimado en *Calener GT* y se pudiera optimizar el diseño de la instalación geotérmica de forma que el presupuesto fuera menor. Por tanto, se estima que el periodo de amortización de la instalación geotérmica rondaría los 13 años en el mejor de los casos y hasta los 16 años como tiempo razonable.

Se cree que la instalación geotérmica pudiera incrementar su rendimiento si el funcionamiento de la instalación de climatización fuese más continuado, dispusiera de un sistema de acumulación térmica, y si las cargas térmicas del edificio fuesen menores que las actuales; por tanto, esta propuesta de mejora se estima sería conveniente combinarla con otras propuestas de rehabilitación energética de la envolvente térmica para incrementar notablemente los ahorros energéticos.

Tabla 47. Resumen resultados estudio energético y de viabilidad de la instalación geotérmica

Consumo Energía Eléctrica (kWh/año)	EDIFICIO	
	Consumo	Ahorro%
Iluminación	94.488,69	0,00
Equipamiento	79.789,78	0,00
Calefacción	104.375,06	25,43
Refrigeración	70.754,94	27,58
Ventiladores	88.234,92	-4,42
Bombas y Auxiliares	47.366,20	22,75
ACS	0,00	-
Sistema de Condensación	0,00	-
Total Calener GT + Equipamiento	485.009,60	13,04%
Ahorro energético anual (kWh/año)	72.743,40	13,04%
Índice - Calificación Energética	0.54 - B	
Ahorro factura eléctrica 1º año (€)	10.344,44	
PEM Presupuesto Ejecución Material €	487.912,16	
Gastos generales € (2%)	9.758,24	
Beneficio Industrial € (5%)	24.395,61	
IVA € (21%)	102.461,55	
Inversión inicial €	624.527,56	
Mantenimiento instalación durante periodo estudio €	24.395,61	
Periodo estudio viabilidad (años)	25	
Periodo amortización (años)	21	
Ahorro total generado € (cash flow)	360.290,12	
VAN € Valor Actual Neto*	88.512,83	
TIR % Tasa Interna Retorno/Rentabilidad	2,71%	

Fuente: elaboración propia a partir de cálculos energéticos, presupuestos de ejecución de la instalación geotérmica

El autor de este proyecto realiza un proyecto final de máster de cierto carácter investigador sobre el estudio de la implantación de la instalación geotérmica descrita, aplicada en la *Escuela Politécnica Superior IV* de la Universidad de Alicante.

## **7.4. COMBINACIÓN DE PROPUESTAS DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICA**

A continuación se procede a estudiar el ahorro energético que generaría la combinación de las distintas propuestas de rehabilitación energética descritas anteriormente.

Con este estudio se pretende comparar los ahorros energéticos que se producirían tras diferentes opciones de mejora de la eficiencia energética del edificio, para establecer por una parte, una propuesta de rehabilitación energética óptima y viable económicamente, y por otro lado, conocer teóricamente la combinación de las actuaciones de rehabilitación que permita generar el máximo ahorro energético y calificación energética posible.

### **7.4.1. REHABILITACIÓN ENERGÉTICA BÁSICA**

Tras el estudio energético individualizado de cada propuesta para la rehabilitación energética del edificio, se determina que la solución mínima a adoptar para su mejora de la eficiencia energética es actuar en primer lugar en su envolvente térmica, controlando el giro de lamas horizontales de las ventanas del edificio, insuflando aislamiento térmico en las cámaras de aire de los muros, aumentando el grosor del aislamiento térmico de las cubiertas del edificio, sustituyendo los vidrios por otros bajo emisivos y con un factor solar adecuado; y en segundo lugar, para conseguir un mayor ahorro eléctrico, se ve muy conveniente, a la vez que rentable, la sustitución de luminarias por otras de tipo LED.

También sería conveniente reducir la permeabilidad al aire de ventanas del edificio, pero para la solución adoptada se descarta debido a la complejidad que pudiera presentar la maquinaria de ventilación por recuperador de calor, y además el impacto visual y auditivo que pudiera generar la instalación.

Tampoco se consideran como necesidad básica la implantación de complejas instalaciones como la fotovoltaica y la geotérmica híbrida de climatización, para la rehabilitación energética del edificio.

No obstante, se tienen en cuenta todas las posibles instalaciones propuestas en el estudio energético posterior, que combina todas las propuestas para la rehabilitación energética del edificio.

La propuesta de rehabilitación energética adoptada más conveniente para la *Escuela Politécnica Superior IV* sería capaz de generar un ahorro eléctrico anual mínimo de 89.686,10 kWh/año, que corresponde a una reducción del 16% del consumo eléctrico del edificio, y una reducción del 19,94% de la *energía primaria* en electricidad.

Por otra parte se generaría una reducción del 14,16% en la demanda de calefacción y un 18,74% en la demanda de refrigeración del edificio. En este caso habría mayor reducción en la demanda de refrigeración porque la demanda de calefacción se ve aumentada por la iluminación LED y porque la sustitución de vidrios genera comparativamente una mayor reducción de la demanda de refrigeración.

La calificación energética del edificio sería B con índice 0.50, mientras que la calificación de la demanda de calefacción resultante sería A con índice 0.38 y calificación B con índice 0.44 en la demanda de refrigeración.

Por tanto, tras el estudio energético combinado de las propuestas de mejora adoptadas se determina que el ahorro energético calculado supera los objetivos mínimos estimados inicialmente antes de la realización del estudio, pues en principio, se estimaba un ahorro del 15% del consumo eléctrico anual del edificio, y una reducción del 10% de la demanda de calefacción y 10% en la demanda de refrigeración del edificio.

Hay que tener en cuenta que la demanda térmica indicada en la calificación energética, medida en kWh/m<sup>2</sup>·año, cuenta el total de superficie modelada en el programa, incluyendo superficie acondicionada y no acondicionada.

Para considerar una demanda térmica del edificio relacionada sólo con la superficie acondicionada, se multiplica el sumatorio de superficie acondicionada del edificio 6.653,96 m<sup>2</sup> y la superficie no acondicionada de 2.647,69 m<sup>2</sup> con la demanda de calefacción de 90,3 kWh/m<sup>2</sup>·año y con la demanda de refrigeración de 83,7 kWh/m<sup>2</sup>·año, y dividiendo los resultados por la superficie total acondicionada, resultando realmente una demanda de calefacción de 126,23 kWh/m<sup>2</sup>·año y una demanda de refrigeración de 117,01 kWh/m<sup>2</sup>·año tras la rehabilitación propuesta. Es decir, la demanda térmica del edificio seguiría siendo elevada tras las diferentes actuaciones básicas de rehabilitación propuestas.

Teniendo en cuenta un incremento anual del 5% del precio de la electricidad, se estima que la rehabilitación energética básica, que consiste en el aislamiento de cubiertas

## 7. EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y ECONÓMICA DE LAS PROPUESTAS DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICA

y muros exteriores, el control de las lamas horizontales y la iluminación LED, con un presupuesto total de 439.500,56 €, se podría amortizar en un periodo de 11 años.

Con lo cuál, se considera un resultado interesante como propuesta de rehabilitación energética conveniente a adoptar, por conseguir ahorros energéticos efectivos y lograr el confort térmico necesario, de una forma relativamente viable económicamente.

*Tabla 48. Resumen estudio viabilidad rehabilitación energética básica*

Concepto	Rehabilitación energética Básica
Presupuesto rehabilitación energética €	439.500,56
Ahorro eléctrico primer año (kWh/año)	89.686,10
Ahorro eléctrico medio 20 años (kWh/año)	163.825,01
Periodo estudio viabilidad	20
Precio medio electricidad (€/kWh)	0,26
Ahorro medio factura eléctrica €	41.895,11
<b>Periodo amortización (años)</b>	<b>11</b>

*Fuente: cálculos de elaboración propia a partir de presupuesto y resultados del estudio*

### 7.4.2. REHABILITACIÓN ENERGÉTICA INTEGRAL DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

El estudio energético del edificio remarca que la primera causa de la demanda térmica del edificio es producida por la infiltración del aire a los espacios del edificio.

Si además de la propuesta de rehabilitación básica se considera actuar para mantener un control del aire interior del edificio, haciendo estancas al aire las carpinterías y usando un sistema de ventilación con recuperador de calor para conservar una calidad de aire interior y renovaciones de aire mínimas, se podría generar la mayor reducción de la demanda térmica del edificio.

Es decir, actuando totalmente en la envolvente térmica, el control de aire interior y la iluminación LED, se podría reducir un 35,46% la demanda de calefacción y un 29,81% la demanda de refrigeración, que se considera bastante aceptable y por encima de las estimaciones iniciales establecidas.

La calificación energética de la demanda de calefacción sería A con índice 0.14, aparentemente insuperable, y calificación A con índice 0.22 en la demanda de refrigeración, con una calificación energética del edificio A con índice 0.34.

Por otra parte se generaría un ahorro mínimo del 4,63% del consumo eléctrico del edificio y un 6,20% de la energía primaria eléctrica, debido principalmente a que los ventiladores de los recuperadores de calor aumentarían el consumo eléctrico del edificio.

Hay que tener en cuenta que los cálculos de *Calener GT* mantienen el horario de funcionamiento de climatización del edificio, pero es el usuario del edificio quien decide conectar o desconectar la climatización de los espacios, y normalmente se conecta cuando realmente hace mucho frío o calor.

Por ese motivo se cree que tras actuar en la envolvente térmica del edificio se reduciría notablemente el consumo eléctrico de climatización, porque se lograría un aceptable confort térmico que permitiría prescindir de la climatización durante la mayor parte del año.

Por tanto, se estima que realmente las horas de funcionamiento del sistema de climatización se reducirían drásticamente, sólo funcionando las horas del día con mayor carga térmica, principalmente en los meses de invierno como Diciembre, Enero y Febrero, y también en los meses de verano como Junio, Julio y Septiembre; por lo que, puede que la rehabilitación energética logre reducir indirectamente hasta un 60% el consumo eléctrico en climatización del edificio.

El estudio de viabilidad calculado estima que la rehabilitación energética integral del edificio, que incluye además la ventilación del aire interior con recuperador de calor y estanqueidad de carpinterías del edificio, se amortizaría la inversión de 541.820,52 € en un periodo de 45 años.

Es decir, el aumento del consumo por la ventilación de los recuperadores de calor teóricamente según los cálculos realizados, incrementaría en 34 años el periodo de amortización de la actuación total. Sin embargo, se cree que con esta propuesta se generaría un mayor ahorro energético que la propuesta de rehabilitación energética básica.

*Tabla 49. Resumen estudio viabilidad rehabilitación energética integral de la envolvente térmica*

Concepto	Rehabilitación energética envolvente térmica
Presupuesto rehabilitación energética €	541.820,52
Ahorro eléctrico primer año (kWh/año)	25.922,40
Ahorro eléctrico medio 20 años (kWh/año)	47.351,12
Periodo estudio viabilidad (años)	20
Precio medio electricidad (€/kWh)	0,26
Ahorro medio factura eléctrica 20 años (€)	12.109,14
<b>Periodo amortización (años)</b>	<b>45</b>

*Fuente: cálculos de elaboración propia a partir de presupuesto y resultados del estudio*

### 7.4.3. REHABILITACIÓN ENVOLVENTE TÉRMICA Y UN SISTEMA FOTOVOLTAICO

Si se combina la rehabilitación energética de la envolvente térmica del edificio con la producción eléctrica mediante la implantación de una instalación fotovoltaica con paneles solares, se generaría un ahorro del 17,39% de la energía primaria eléctrica y además una reducción adicional del 12,02% en emisiones de CO<sub>2</sub> por climatización y un 11,11% en iluminación, resultando una calificación energética A con índice 0.30.

En este caso, la instalación fotovoltaica incrementa el presupuesto de la rehabilitación energética a 722.696,18 €, pero ésta permite reducir considerablemente el periodo de amortización de la inversión total, debido a la energía eléctrica generada, hasta un periodo de 17 años.

Tabla 50. Resumen estudio viabilidad rehabilitación energética de la envolvente térmica con instalación fotovoltaica

Concepto	Rehabilitación energética Envolvente térmica y sistema fotovoltaico
Presupuesto rehabilitación energética €	722.696,18
Ahorro eléctrico primer año (kWh/año)	25.922,40
Energía eléctrica fotovoltaica (kWh/año)	64.057,96
Ahorro eléctrico anual total (kWh/año)	89.980,36
Ahorro eléctrico medio 20 años (kWh/año)	164.362,52
Periodo estudio viabilidad (años)	20
Precio medio electricidad (€/kWh)	0,26
Ahorro medio factura eléctrica 20 años (€)	42.032,56
<b>Periodo amortización (años)</b>	<b>17</b>

Fuente: cálculos de elaboración propia a partir de presupuesto y resultados del estudio

Esta propuesta es interesante, aunque a la vez arriesgada porque su viabilidad depende demasiado de la variación del precio de la energía eléctrica y del consumo eléctrico futuro del edificio, y además hay que tener en cuenta que la instalación fotovoltaica requiere un mantenimiento regular y la cubierta de la *Escuela Politécnica Superior IV* es inaccesible y sin protección contra caídas de altura.

La generación eléctrica se reduce entre 4 y 6 horas diarias, justamente las horas en las que la demanda de energía eléctrica del edificio no es máxima. Con los años el rendimiento de la instalación fotovoltaica para la generación eléctrica disminuye progresivamente, por lo que es posible que el coste económico considerado durante el periodo de 20 años sea demasiado favorable, porque no incluye imprevistos, pues es probable que el periodo de amortización real ronde los 35 años.



#### 7.4.4. REHABILITACIÓN ENVOLVENTE TÉRMICA E INSTALACIÓN GEOTÉRMICA

Si se combina la rehabilitación energética de la envolvente térmica del edificio con la implantación de una instalación geotérmica con bombas de calor acopladas al terreno y al sistema de climatización del edificio, se generaría un ahorro del consumo eléctrico del edificio del 17% y una reducción adicional del 21,53% de la energía primaria eléctrica con calificación A e índice 0.29; con una reducción del 18,60% en emisiones de CO<sub>2</sub> por climatización, resultando una calificación energética del edificio, A con índice **0.28**.

La instalación geotérmica con bombas de calor sería capaz de generar junto a la rehabilitación de la envolvente térmica del edificio, un ahorro eléctrico anual mínimo de 95.293,40 kWh/año, mucho mayor que cualquier propuesta de mejora analizada, porque generaría un ahorro fijo importante en el consumo de la instalación de climatización, que suele consumir hasta el 70% de la electricidad del edificio.

La rehabilitación energética de la envolvente térmica junto a la instalación geotérmica incrementaría sustancialmente el presupuesto hasta 1.166.348,08 € y se estima que su amortización se produzca en un periodo máximo de 26 años.

Hay que tener en cuenta que si no se implantara la instalación geotérmica, el periodo de amortización estimado sería de 45 años; por tanto, se puede decir que el ahorro energético por el aprovechamiento del intercambio térmico del subsuelo con la instalación de climatización actual, podría reducir 19 años el periodo de amortización.

Tabla 51. Resumen estudio viabilidad rehabilitación energética de la envolvente térmica con instalación fotovoltaica

Concepto	Rehabilitación energética Envolvente térmica e instalación geotérmica
Presupuesto rehabilitación energética €	1.166.348,08
Ahorro eléctrico primer año (kWh/año)	95.293,40
Ahorro eléctrico medio 20 años (kWh/año)	174.067,58
Periodo estudio viabilidad (años)	20
Precio medio electricidad (€/kWh)	0,26
Ahorro medio factura eléctrica 20 años (€)	44.514,45
Periodo amortización (años)	26

Fuente: cálculos de elaboración propia a partir de presupuesto y resultados del estudio

En comparación con la implantación de la instalación fotovoltaica, la instalación geotérmica genera al menos un 5,90% más de ahorro eléctrico anual, y además su disponibilidad es permanente, no requiere mantenimiento, y su rendimiento y durabilidad

es claramente superior a la instalación fotovoltaica; por lo que pensando a largo plazo, es de gran interés el considerar la implantación de una instalación geotérmica en el edificio.

#### 7.4.5. REHABILITACIÓN ENERGÉTICA INTEGRAL DEL EDIFICIO

Si se combinan todas las propuestas de rehabilitación energética anteriores, el resultado es que el consumo eléctrico del edificio se reduciría un 17,05%, es decir, la adición de la instalación fotovoltaica incrementaría apenas un 0,05% respecto de la propuesta de rehabilitación de la envolvente térmica junto con la instalación geotérmica.

Sin embargo, se reduciría hasta un 32,41% la energía primaria eléctrica del edificio, y la instalación fotovoltaica junto con la instalación geotérmica podrían generar una reducción del 29,84% de emisiones de CO<sub>2</sub> respecto de la rehabilitación de la envolvente térmica, y un 11,24% adicional respecto de la propuesta de la envolvente térmica junto a la instalación geotérmica. Las emisiones de CO<sub>2</sub> por iluminación también se reducirían un 13,89%.

Por tanto, la calificación energética máxima que podría lograrse en el edificio combinando todas las propuestas de mejora analizadas es A con índice 0.24, calificación A con índice 0.25 en energía primaria, calificación A con índice 0.23 en emisiones de climatización, calificación A con índice 0.34 en emisiones de iluminación, calificación A con índice 0.14 en demanda de calefacción y calificación A con índice 0.22 en demanda de refrigeración.

En cuanto al logro de los objetivos iniciales estimados, no se consigue alcanzar un ahorro del 40% del consumo anual eléctrico del edificio, pero se supera la reducción de la demanda de calefacción del 30% y la demanda de refrigeración del 25%, pues se conseguiría reducir la demanda en 35,46% y 29,81% respectivamente.

De todas formas, impresiona afirmar que se conseguirían tales calificaciones energéticas excepcionales, mientras el consumo eléctrico anual sería de 464.907,47 kWh/año con una demanda de calefacción realmente de 94,92 kWh/m<sup>2</sup>·año y una demanda de refrigeración de 101,07 kWh/m<sup>2</sup>·año, teniendo en cuenta sólo la superficie acondicionada del edificio para estos últimos datos.

Por tanto, se podría decir que las propuestas de mejora del edificio superan hasta cuatro veces las limitaciones actuales de la normativa del Código Técnico de la

Edificación, y que la calificación energética refleja esa diferencia con el supuesto edificio de Referencia de cálculo de *Calener GT*.

El presupuesto final de la rehabilitación energética integral analizada, sería de un total de 1.347.223,74 € con un periodo de amortización estimado de 24 años.

Tabla 52. Resumen estudio viabilidad rehabilitación energética integral del edificio

Concepto	Rehabilitación energética integral
Presupuesto rehabilitación energética €	1.347.223,74
Ahorro eléctrico primer año (kWh/año)	95.551,60
Energía eléctrica fotovoltaica (kWh/año)	24.653,73
Ahorro eléctrico anual total (kWh/año)	120.205,33
Ahorro eléctrico medio 20 años (kWh/año)	219.572,93
Periodo estudio viabilidad (años)	20
Precio medio electricidad (€/kWh)	0,26
Ahorro medio factura eléctrica 20 años (€)	56.151,57
<b>Periodo amortización (años)</b>	<b>24</b>

Fuente: cálculos de elaboración propia a partir de presupuesto y resultados del estudio

Cabe decir que el periodo de amortización es mucho más favorable que el imaginado antes de la realización de este proyecto, pues buena parte de las personas entrevistadas opinan que el edificio pudiera no tener una solución al confort térmico y a la reducción del consumo eléctrico por una mayor eficiencia energética de su envolvente e instalaciones.

En el más pesimista de los casos, se podría opinar que todo el conjunto de actuaciones de la rehabilitación energética de la *Escuela Politécnica Superior IV* de la Universidad de Alicante no se conseguirían amortizar, de tal forma que el presupuesto sería a fondo perdido.

Sin embargo, este estudio energético avanzado del edificio mediante *Calener GT* permite demostrar que no es cierto, y es posible mejorar la eficiencia energética del edificio pero hasta un límite.

En este caso, afirmar que el edificio es de consumo energético casi nulo porque su calificación energética es A de índice 0.24, es realmente una incongruencia porque no es posible eliminar el consumo energético del edificio, y éste además podrá variar en un futuro según la ocupación de personas por aula y de los dispositivos tecnológicos que se disponga durante el uso del edificio.

## 8. RESULTADOS Y SU DISCUSIÓN

Se muestra de forma sintética o resumida los resultados de cálculo obtenidos y estudiados en el proyecto, así como cierta valoración subjetiva respecto los mismos.

### 8.1. DEMANDA TÉRMICA

El modelo energético del edificio de la *Escuela Politécnica Superior IV* de la Universidad de Alicante en *Calener GT*, muestra unos resultados de cálculo de consumo eléctrico con una variación anual de 0,49% y diferencia anual de 2.746 kWh/año respecto de los consumos eléctricos reales que generó el edificio durante el curso académico 2013/14.

Por tanto, el modelo del edificio muestra un grado de precisión de resultados, que permite estimar con cierta fiabilidad los ahorros energéticos que se generarían tras la ejecución de las diferentes propuestas para la mejora de su eficiencia energética.

Para una superficie modelada de 6653.96 m<sup>2</sup> en espacios acondicionados y 2647.69 m<sup>2</sup> de superficie no acondicionada, el modelo del edificio genera actualmente una demanda anual de calefacción de 728.426,13 kWh/año con 105,2 kWh/m<sup>2</sup>·año y una demanda anual de refrigeración de 657.450,69 kWh/año con 103,0 kWh/m<sup>2</sup>·año.

Se ha analizado que pese a que los espacios del edificio están conformados en volúmenes arquitectónicos similares, los resultados de sus demandas térmicas muestran variaciones significativas según su orientación y ubicación dentro del edificio, habiéndose identificado 15 tipos de espacios según su comportamiento térmico.

Sin embargo, los espacios de la misma planta muestran un comportamiento térmico similar, por lo que las propuestas de mejora de la envolvente térmica del edificio resultan igualmente efectivas para la misma planta.

Así pues, las aulas de planta baja y sótano responden favorablemente en refrigeración debido principalmente a que la separación entre volúmenes de las aulas permite una mayor ventilación natural y un sombreado generado por el propio edificio, además de las lamas horizontales que disponen todas las ventanas. Es decir, su configuración arquitectónica se adapta más favorablemente para climas cálidos.

Por el contrario, la excesiva ventilación e infiltraciones de aire a través de las carpinterías y la gran superficie de sus cerramientos en contacto con el aire exterior, generan una elevada demanda de calefacción en los espacios de planta baja y sótano.

En las plantas primera y segunda de los tres módulos del edificio, donde se sitúan los despachos, el comportamiento térmico es completamente diferente a las plantas inferiores. En este caso la demanda de calefacción y refrigeración es desmesurada durante todo el año porque los espacios están más expuestos al ambiente exterior.

Los módulos tienen de particular que su pasillo longitudinal con muro cortina permite mantener con mayor estabilidad la temperatura de los despachos, debido a la radiación solar difusa que reciben los muros cortina. Sin embargo, en periodo de verano los pasillos acumulan calor constantemente por la radiación solar difusa durante la mañana y radiación solar directa por las tardes.

Esto genera junto a la elevada infiltración del aire en los espacios, que la demanda de refrigeración sea hasta tres veces superior a la demanda de calefacción anual.

Hay que tener en cuenta que los programas usados no tienen en cuenta el efecto de la radiación solar difusa, por lo que los resultados de cálculo de demandas térmicas originadas, se cree que realmente serían los generados en los momentos más favorables. Sin embargo, los resultados de cálculo se muestran aceptables y coherentes para su estudio energético detallado y comparativo entre diferentes espacios del edificio.

En cuanto al cumplimiento de la limitación de la demanda térmica del *CTE*, el programa *LIDER* indica según los resultados, que cumple porque la demanda de calefacción resulta un 2,8% inferior al edificio de Referencia de cálculo y un 13,5% inferior en la demanda de refrigeración.

Es decir, la envolvente térmica es aceptable en cuanto a las limitaciones del *CTE*, aunque el edificio haya sido construido en el año 1999, teniendo en cuenta que la limitación de la demanda térmica era poco restrictiva en la normativa vigente, *NBE-CT-79*.

Sin embargo, aunque el edificio se comporta mejor térmicamente en refrigeración, la proporción media del edificio en la demanda de refrigeración es un 50,3%, ligeramente superior a la demanda de calefacción. No cumple la limitación de condensaciones superficiales en los cerramientos entre carpinterías de planta baja y sótano.

Comparativamente, la calificación en demandas térmicas es C en *LIDER* y calificación B en *Calener GT*, aunque con mayor precisión de cálculos debido a que se puede detallar el uso horario de las instalaciones del edificio, y en *LIDER* viene predefinido.

De todas formas, aunque el edificio de cálculo cumpla con las limitaciones energéticas de la normativa del CTE, el edificio tiene una elevada demanda térmica anual y una inestabilidad térmica del aire interior de los espacios, que genera una falta de confort térmico, que repercute directamente en el consumo energético de la instalación de climatización del edificio.

Se ha comprobado según los resultados analizados, que existe una elevada demanda térmica debido a la *infiltración de aire* en los espacios, en torno al 70%, mientras que queda en un segundo lugar la *transmisión térmica a través de los vidrios y muros exteriores*, variable entre el 13 y 18% de la demanda térmica total.

La infiltración de aire se debe a la baja estanqueidad al aire de las carpinterías y a la renovación de aire interior. En este caso, se han considerado unas renovaciones de aire mínimas establecidas según el *RITE* para garantizar una mínima calidad del aire interior.

En cambio, dada la facilidad de las puertas y ventanas para la entrada y salida del aire en los espacios y la costumbre de dejar abiertas las puertas tras cada uso de los espacios, la renovación de aire real pudiera incluso superar la considerada. Por tanto, según la zona climática de Alicante, la demanda térmica debido a la infiltración de aire se vería sustancialmente incrementada en calefacción y apenas variable en refrigeración.

## 8.2. CONSUMO ELÉCTRICO

El consumo eléctrico total simulado en *Calener GT* es de 560.458,57 kWh/año mientras que el consumo total real proporcionado por la *Oficina Técnica* de la Universidad de Alicante, indica que para el curso académico 2013/14 fue de 557.753,00 kWh/año, es decir, existe una variación de 0,49% y una diferencia anual de 2.705,57 kWh/año.

En concreto, el consumo de climatización constituye el 68,75% del consumo total del edificio, siendo el consumo de iluminación un 16,94% y un 14,31% en el consumo de equipamiento del edificio.

Sin embargo, si se definen unos horarios de uso más estrictos en las instalaciones del edificio, los resultados de cálculo complementarios en relación a la iluminación y

equipamiento señalan que su consumo eléctrico pudiera verse distribuido en un 58,21% en climatización, un 22,03% en iluminación y 19,75% en equipamiento.

De todas formas, se considera válido el resultado de cálculo de consumos eléctricos de *Calener GT*, y se remarca que el consumo de climatización es importante y refleja la elevada demanda térmica que se genera en el interior del edificio durante todo el año.

Desglosando el consumo de climatización, el 21,25% corresponde a la calefacción, un 14,83% a la refrigeración, un 12,83% a los ventiladores de los fan-coils y un 9,31% a las bombas recirculadoras de agua de los circuitos hidráulicos de climatización. Con lo cuál se confirma que el edificio presenta mayor inestabilidad térmica y falta de confort térmico en periodo de invierno.

En cuanto al consumo de la instalación de iluminación, se observa que es considerable y susceptible de mejora. En primer lugar se comprueba que en la mayoría de espacios del edificio no se cumple con las limitaciones de la eficiencia energética de iluminación VEEI del *CTE*, pues los valores VEEI hallados mediante el uso de luxómetro indican que el VEEI promedio del edificio es de 4.05, con lo cuál, se supera el límite de VEEI 3.5 para aulas y despachos y VEEI 4 para zonas comunes como aseos y pasillos.

Sin embargo, aunque el valor VEEI sea cercano a la limitación del *CTE*, el consumo de la iluminación se considera actualmente elevado para la tecnología en iluminación existente, por lo que se ve especialmente conveniente la sustitución de las luminarias por otras de menor consumo y mayor iluminancia, como son las luminarias tipo LED.

Por otra parte, se ha comprobado que el consumo eléctrico de la *Escuela Politécnica Superior IV* no resulta tan elevado en comparación con los edificios de la Universidad de Alicante.

Analizando los consumos eléctricos de los años 2011 a 2014, el edificio resulta en el puesto 9º de mayor consumo de la Universidad. En cambio, si se relaciona el consumo eléctrico del edificio entre la superficie útil de los edificios, resulta que la *Escuela Politécnica Superior IV* de Alicante queda en el puesto 22º con 81,83 kWh/m<sup>2</sup>-año para el año 2013 y 82,03 kWh/m<sup>2</sup>-año para el año 2014.

Por lo tanto, se concluye que los consumos de la *Escuela Politécnica Superior IV* no son tan desproporcionados en comparación con la superficie útil disponible, pero sí se



## 8. RESULTADOS Y SU DISCUSIÓN

---

observa que es uno de los edificios con mayor superficie disponible para su uso, y con mayor consumo eléctrico anual.

También cabe indicar que la instalación de climatización del edificio no cubre toda la demanda térmica teórica del edificio, pues según su horario de funcionamiento, suele cubrir entre la mitad y la tercera parte de la misma, como se muestra en los resultados de carga térmicas mensuales de este proyecto.

Esto significa que la instalación de climatización funciona de forma interrumpida según el uso de los espacios y se conecta de forma manual cuando el usuario se siente incómodo térmicamente. Por lo que si el funcionamiento fuera continuado, los consumos eléctricos en climatización pudieran serían extremadamente superiores a los actuales.

En este aspecto, se demuestra la ineficiencia en climatización de los espacios, pues cada vez que se termina de usar un espacio se pierde totalmente la temperatura de aire interior deseada y se iguala con la temperatura de aire exterior rápidamente.

### 8.3. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

Teniendo en cuenta las elevadas demandas térmicas anuales y el consumo eléctrico del edificio, la calificación energética resultante del estado actual del edificio es B con índice 0.64, justo al límite entre la calificación C, con índice mínimo 0.65 respecto del edificio de Referencia de cálculo de *Calener GT*.

Este resultado se debe principalmente a que la instalación de climatización por bombas de calor tipo aire-agua y fan-coils ya son de por sí unos sistemas eficientes, con rendimientos medios estacionales variables en torno a COP 2-2,5.

Las emisiones anuales de la instalación de climatización por su consumo eléctrico, son de 22,8 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>, resultando una calificación B con índice 0.56 en climatización.

Por otra parte, la instalación de iluminación genera anualmente unas emisiones de 8,6 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> por su consumo eléctrico, con una calificación energética D con índice 1.07, que indica el incumplimiento con las limitaciones de la normativa, pues el índice debería ser inferior a la unidad.

Sin embargo, el elevado consumo eléctrico de energía final conlleva a un consumo de energía primaria de 125,9 kWh/m<sup>2</sup>·año con una calificación C con índice 0.67. Su

calificación debería ser al menos B para el cumplimiento actual del CTE en el caso de nueva edificación y/o reformas integrales del edificio.

Para la mayor parte de las personas que han estado en la Escuela Politécnica Superior IV, la calificación energética B puede resultar sorprendente y poco creíble, incluso el autor de este proyecto estuvo revisando el modelo de simulación exhaustivamente para su comprobación.

Hay que tener en cuenta que el edificio no dispone de un sistema de producción de agua caliente sanitaria ACS, por lo que no existen sus correspondientes consumos energéticos y emisiones de CO<sub>2</sub>. Sin embargo, los resultados de consumo eléctrico y demandas térmicas se muestran totalmente coherentes con la realidad.

Es cierto que la excesivo detalle en los cálculos de parámetros que definen el edificio simulado y sus instalaciones, genera que los resultados energéticos parezcan reducidos o inferiores a los esperados, pues si no se hubiera definido tanto del modelo del edificio, los resultados de consumos eléctricos se podrían ver incrementados hasta tres veces más de los hallados, con lo cual el modelo del edificio sería inservible para la propuesta de mejoras de su eficiencia energética porque falsearía la realidad y la calificación energética se vería empeorada.

## 8.4. FACTURACIÓN ENERGÍA ELÉCTRICA DEL EDIFICIO

Según la facturación eléctrica de la Universidad de Alicante, la inversión anual en 2013 y 2014 fue en torno a 2,5 millones de euros, para más de 50 edificios, alumbrado exterior y zonas comunes.

Para la *Escuela Politécnica Superior IV*, su consumo eléctrico anual tuvo un coste total de 77.434,19 € en 2013/14, con una facturación mensual máxima en torno a 9.600 € en los meses de Febrero, Julio y Diciembre.

Estas facturaciones demuestran que es necesario tomar medidas para la reducción del consumo eléctrico del edificio, además de la necesidad de lograr un mínimo confort térmico en su interior.

El precio del kWh eléctrico es variable entre 10-12 cent€/kWh en los meses de menor consumo eléctrico como Marzo y Abril, y entre 15-17,8 cent€/kWh en los meses de mayor consumo eléctrico de invierno. La media anual ronda los 14 cent€/kWh.

Si se analizan las ecuaciones de la línea de tendencia de los precios kWh eléctrico de la Universidad de Alicante de los años 2013 y 2014, se observa que aunque hay subidas y bajadas de precio durante el año e incluso en 2014, que parece ser que el sumatorio mensual del año es muy cercano al del año 2013 y posiblemente inferior, el precio de la electricidad tiene una tendencia al alza en torno al 13% en los dos últimos años.

Para el estudio de viabilidad de las propuestas de rehabilitación energética del edificio se ha considerado por tanto, un incremento anual máximo del precio de la energía eléctrica del 10%, aunque por lo normal se considera un 5%.

## 8.5. PROPUESTAS DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

### A. ILUMINACIÓN LED

La propuesta de sustitución de luminarias tipo LED generaría un ahorro eléctrico anual mínimo de 43.483,37 kWh/año y un 85,25% en el consumo de la instalación de iluminación del edificio, para una nueva potencia total instalada en iluminación de 69,328 kW y consumo mínimo anual de 51.005,32 kWh/año.

La sustitución de las luminarias por tipo LED mejoran sustancialmente la eficiencia energética en iluminación, con valores variables entre VEEI 0.84 y 3.34, con una media resultante de VEEI 1.46 en la *Escuela Politécnica Superior IV* frente a VEEI 4.48 actual, lo que supone una reducción del 67,54% del VEEI del edificio.

El *consumo eléctrico* por espacio, medido en  $W/m^2$ , se reduce un 55,81% con las luminarias T8 17W 1200 mm, un 56,52% con las luminarias T8 9W 600 mm, un 86,675 con los *halógenos LED* y un 48,48% con los *downlight LED*.

Además, la *iluminancia media mantenida (Em)*, medida en lux, se ha calculado que aumentaría un 27,26% en los espacios con luminarias T8 17W 1200 mm, un 41,83% con T8 9W 600 mm, un 18,75% con halógenos LED y un 5,40% con *Downlight LED*.

Según el cálculo realizado mediante *Calener GT*, la sustitución de las luminarias por tipo LED supone un ahorro eléctrico anual de 70.043,20 kWh/año, una reducción del 13,23% de la factura eléctrica del edificio, con una reducción satisfactoria del 58,14% en emisiones de CO<sub>2</sub>, resultando 3.6 kg/CO<sub>2</sub> año, con una consecuente reducción del 62,62% del índice de emisiones por consumo eléctrico en iluminación, de índice 0.40 y calificación

energética A en iluminación. La calificación energética general del edificio resultante es B con índice 0.53 frente al índice 0.64 actual, es decir, la diferencia es considerable.

También se generaría una reducción del 3,98% de la demanda de refrigeración y un incremento del 2,28% en la demanda de calefacción, lo cuál se considera positivo.

El *presupuesto de ejecución material* para la sustitución de las luminarias de todo el edificio se ha calculado en 34.304,65€, y el presupuesto final en 44.939,09€, con lo cuál se amortizaría la inversión en 5 años, generándose un ahorro de factura eléctrica en torno a 7.189,60 € el primer año y un incremento anual del 5%.

Por tanto, esta medida de ahorro energético en iluminación se considera imprescindible dentro de la combinación de propuestas para su rehabilitación energética por su rentabilidad económica.

## B. LAMAS HORIZONTALES

Se propone realizar un mantenimiento de las lamas horizontales porque su mecanismo manual de giro está estropeado y no permite su movimiento. Se propone por tanto, que se permita el paso de la radiación solar en invierno a través de las ventanas girando adecuadamente las lamas horizontales, para aprovechar el calor gratuito del sol.

En ese caso se podría generar a menos una reducción del 2,57% en la demanda de calefacción anual, un incremento del 0,97% de la demanda en refrigeración, y una consecuente reducción del consumo eléctrico del edificio en cuanto a climatización del 1,00%, es decir, un ahorro eléctrico de 5.303,4 kWh/año. La calificación energética apenas varía.

De todos modos no siempre se podría abrir las lamas para la entrada de sol puesto que deslumbraría las aulas para la proyección de diapositivas.

También se considera una medida imprescindible para rehabilitación energética del edificio y de coste casi nulo.

### C. SUSTITUCIÓN DE VIDRIOS

Puesto que la transmisión térmica por los vidrios de las ventanas genera el 20% de la demanda de calefacción y el 11,75% de la demanda de refrigeración del edificio, se propone la sustitución de los vidrios por otros de menor transmitancia térmica y factor solar adecuado.

Para los vidrios de las ventanas se propone instalar vidrios bajo emisivos tipo 4/16/4 mm con una transmitancia térmica de 1,4 W/m<sup>2</sup>K y factor solar del 63%. Para los muros cortina se propone un doble acristalamiento con control solar y seguridad con vidrio laminar de al menos del tipo 6/16/4 mm, con una transmitancia térmica de 2,2 W/m<sup>2</sup>K y un *factor solar g* del 23%, muy reducido por el color plata del vidrio.

La propuesta de mejora de los vidrios del edificio reduce aprox. la mitad de la transmitancia térmica de los vidrios, por lo que la temperatura interior de los espacios se mantendrá por más tiempo, permitiendo ahorrar un 1,38% del consumo eléctrico del edificio debido a la climatización, reducir un 9,41% la demanda de calefacción, reducir un 10,58% la demanda de refrigeración, y lograr un mayor confort térmico.

La *calificación energética* resultante al sustituir los vidrios de todo el edificio sería B, con índice 0.63, sin observarse apenas diferencias por el escaso ahorro del consumo eléctrico generado según el cálculo de *Calener GT*.

La calificación de la demanda de calefacción resultante sería B con índice 0.40 y calificación B con índice 0.48 en la demanda de refrigeración.

Por tanto esta propuesta supone sustituir una superficie total de vidrios en planta baja y sótano y despachos de los módulos, de 1158,16 m<sup>2</sup>, y 1009,98 m<sup>2</sup> de vidrio de los muros cortina de los módulos de planta primera y segunda, siendo el presupuesto estimado en 208.534,96 €; y dado un ahorro energético anual de 7.293,20 kWh/año debido a la mejora de los vidrios, el periodo de amortización teóricamente sería alrededor de 93 años.

Sin embargo, se cree que la sustitución de vidrios podría garantizar un confort térmico, tal que el usuario no tendría tanta necesidad de usar el sistema de climatización, y por tanto, se podría reducir significativamente el consumo eléctrico anual en climatización del edificio. El ahorro energético hallado sería un mínimo.

## D. AISLAMIENTO TÉRMICO

Se propone aumentar el aislamiento térmico de los muros exteriores y cubiertas de los espacios acondicionados del edificio con un insuflado de las cámaras de aire con *perlas de poliestireno expandido*, lo cuál implica rellenar un grosor de 20 cm en los muros de planta baja y sótano y con un grosor de 15 cm en los muros de los módulos de planta primera y segunda del edificio.

Esta actuación generaría una reducción de la demanda de calefacción del 2,19% y 0,87% en la demanda de refrigeración, con un ahorro eléctrico en climatización del 0,75%.

Estos resultados se consideran mínimos pues el aislamiento térmico generaría un confort térmico y acústico de forma que se reduciría en mayor medida la necesidad del uso de climatización de los espacios, y por tanto, se cree que se podría reducir el consumo eléctrico hasta un 60%.

Si se añaden 4 cm de aislamiento térmico XPS en las cubiertas, se podría generar al menos una reducción del 1,26% de la demanda en refrigeración y un 0,86% en la demanda de calefacción, y un ahorro eléctrico del edificio del 0,35%, por lo que aparentemente no se notará el efecto aislante salvo en los momentos de temperaturas exteriores más acusadas.

Al combinar el aislamiento de muros y cubiertas la demanda térmica se reduce hasta un 5%, y un 1,63% de ahorro eléctrico del edificio. La calificación energética del edificio apenas varía respecto a la actualidad, aunque la calificación de las demandas térmicas mejora.

El ahorro eléctrico mínimo sería de 8.630,5 kWh/año y el presupuesto estimado de 186.026,51€. Esta propuesta de mejora es imprescindible para la rehabilitación energética del edificio y podría ser una de las más efectivas para lograr el confort térmico y conservar por más tiempo la temperatura del aire interior del edificio.

### E. ESTANQUEDAD ESPACIOS CON RECUPERADOR DE CALOR

Puesto que la mayor demanda térmica del edificio se genera por la infiltración del aire, se propone hacer estancos los espacios reduciendo la permeabilidad al aire de las puertas y ventanas con burletes, y además implantando un sistema de ventilación por recuperador de calor para el control exhaustivo del aire y evitar las pérdidas constantes de energía en las aulas de planta baja y sótano.

Los objetivos marcados son la logar una clase 4 en ventanas y clase 3 en puertas, con valores de permeabilidad al aire variables entre 3-9 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>.

Se proponen instalar 38 recuperadores de calor sin aporte adicional de calefacción dentro del espacio del falso techo de 50 centímetros de los espacios de la planta baja y sótano. La renovación del aire interior se reduce un 50% y además cumpliría con el RITE.

La propuesta podría reducir un 21,29% de la demanda de calefacción y un 11,27% en la demanda de refrigeración, con índices de calificación energética A de 0.17 y 0.28 para demanda de calefacción y refrigeración respectivamente; por tanto, la reducción de la demanda térmica es realmente muy favorable y difícil de superar.

En cambio, el *consumo eléctrico* del edificio incrementa un 12,32% hasta 594,80 MWh/año, debido al consumo de los ventiladores de los 38 recuperadores de calor a instalar. Las emisiones de CO<sub>2</sub> por el consumo en climatización incrementan un 19,30%, sin embargo la calificación energética en climatización mejora con una calificación A de índice 0.35.

La *calificación energética* resultante es B con índice 0.41, al límite de la calificación A, de índice menor o igual a 0,40.

Si el objetivo es *reducir la demanda térmica* para lograr *confort térmico* y obtener una calificación energética muy favorable, parece ser que esta propuesta es de las más acertadas para aplicar en la *Escuela Politécnica Superior IV*, sin embargo, no cumple el objetivo principal de *reducir la factura eléctrica* del edificio; por tanto, la propuesta no es viable económicamente porque no se generaría ahorro eléctrico.

El presupuesto estimado para la estanquidad de los espacios y su ventilación con recuperación de calor, se cifra en 131.606,16 €, pero no se pudo cuantificar si la inversión se pudiera amortizar. Por tanto esta propuesta se considera como opcional.



## F. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Se propone la posibilidad de implantar una instalación fotovoltaica sobre las cubiertas de los tres módulos del edificio, con un total de 180 paneles solares fotovoltaicos, colocados de forma perpendicular a fachada Sur y con ángulo de inclinación 35°, distribuidos en tres series de 20 paneles solares, conectados a un inversor por cada módulo, es decir, una instalación fotovoltaica de tres grupos de 20 paneles solares por módulo.

El **panel solar** seleccionado tiene una eficiencia del 17% y una potencia de pico de 210 Wp, con superficie de panel próxima a 2 m<sup>2</sup>. La potencia total de diseño de la instalación fotovoltaica resultante sería de 35.087,4 Wp, con una producción de energía eléctrica anual generada de 64.058 kWh/año con 1825 horas equivalentes anuales y un beneficio anual el primer año de 16.014,49 €, por la venta de la energía eléctrica por la inyección directa de la electricidad a la red de distribución eléctrica.

Se estima que el presupuesto total de la instalación fotovoltaica sería en torno a 180.876 €, y teniendo en cuenta la venta eléctrica a 0,25 €/kWh, un mantenimiento anual a partir del segundo año de 1.500€, un incremento anual del precio de la energía eléctrica del 5%; la instalación fotovoltaica se amortizaría en 10 años.

Si se considera además que la vida útil de la instalación fotovoltaica son 20 años, en ese tiempo se habría generado un beneficio suficiente para la completa renovación de la instalación fotovoltaica pasado 20 años.

Por otra parte, a efectos de calificación energética, la energía eléctrica generada de 64.058 kWh/año, produciría una reducción del 11,44% del consumo de energía primaria y una reducción distribuida del consumo eléctrico en climatización del 11,40% y en iluminación del 11,63%; tal que la calificación energética resultante sería B con índice 0.57.

Sin embargo, debido a las políticas energéticas actuales es probable que la amortización se aumente a un periodo de amortización de hasta 35 años, por lo que en estos momentos parece arriesgado apostar por la energía fotovoltaica.

## G. INSTALACIÓN GEOTÉRMICA SOMERA

Se propone como caso especial y opcional, para la rehabilitación energética del edificio, la mejora de la eficiencia energética de la instalación de climatización del edificio, pues casi el 70% del consumo eléctrico del edificio proviene de la climatización.

Se propone la implantación de una instalación geotérmica con bombas de calor geotérmicas acopladas al terreno y conectadas al sistema de climatización actual, formado por bombas de calor aire-agua y fan-coils, de forma que se aumente el rendimiento general de la instalación, y la maquinaria consuma mucha menos electricidad para calentar o enfriar el agua de los circuitos hidráulicos de climatización pues la temperatura del interior del terreno se conserva a 20 °C todo el año a cierta profundidad.

En concreto, se propone una instalación geotérmica compuesta por 5 bombas geotérmicas, tres circuitos de intercambiadores geotérmicos compuestos por 15 sondas geotérmicas cada uno a una profundidad de 125 metros, y tres grupos de presión con bombas recirculadoras del fluido caloportador de la instalación geotérmica.

La instalación geotérmica calculada para la *Escuela Politécnica Superior IV*, generaría un ahorro del consumo eléctrico en calefacción del 25,43%, un 27,58% en refrigeración, un 22,75% en bombas recirculadoras y un incremento del consumo eléctrico del 4,42% en los fan-coils, tal que se generaría un ahorro total del consumo eléctrico del edificio del 13,04%, un ahorro de la factura eléctrica de 10.344,4 € el primer año, y la calificación energética resultante sería B con índice 0.54.

El presupuesto de ejecución material se estima en 487.912,16 €, viéndose incrementado hasta 624.527,56 € por gastos generales y beneficio industrial de la empresa instaladora y los impuestos de IVA; con un periodo de amortización estimado hasta 21 años, considerando un incremento anual del precio de la energía eléctrica del 10%.

No obstante, se cree que se pudiera hasta duplicar el ahorro eléctrico estimado en *Calener GT* y se pudiera optimizar el diseño de la instalación geotérmica de forma que el presupuesto fuera menor. Por tanto, se estima que el periodo de amortización de la instalación geotérmica rondaría los 13 años en el mejor de los casos y hasta los 16 años como tiempo razonable.

Se cree que la instalación geotérmica pudiera incrementar su rendimiento si el funcionamiento de la instalación de climatización fuese más continuado, dispusiera de un

sistema de acumulación térmica, y si las cargas térmicas del edificio fuesen menores que las actuales; por tanto, esta propuesta de mejora se estima sería conveniente combinarla con otras propuestas de rehabilitación energética de la envolvente térmica para incrementar notablemente los ahorros energéticos.

## H. PROPUESTA DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICA BÁSICA

Tras el estudio energético individualizado de cada propuesta para la rehabilitación energética del edificio, se determina que la solución mínima a adoptar para su mejora de la eficiencia energética es actuar en primer lugar en su envolvente térmica, controlando el giro de lamas horizontales de las ventanas del edificio, insuflando aislamiento térmico en las cámaras de aire de los muros, aumentando el grosor del aislamiento térmico de las cubiertas del edificio, sustituyendo los vidrios por otros bajo emisivos y con un factor solar adecuado; y en segundo lugar, para conseguir un mayor ahorro eléctrico, se ve muy conveniente, a la vez que rentable, la sustitución de luminarias por otras de tipo LED.

Esta combinación de propuestas sería capaz de generar un ahorro eléctrico anual mínimo de 89.686,10 kWh/año, que corresponde a una reducción del 16% del consumo eléctrico del edificio, y una reducción del 19,94% de la *energía primaria* en electricidad.

Por otra parte se generaría una reducción del 14,16% en la demanda de calefacción y un 18,74% en la demanda de refrigeración del edificio. En este caso habría mayor reducción en la demanda de refrigeración porque la demanda de calefacción se ve aumentada por la iluminación LED y porque la sustitución de vidrios genera comparativamente una mayor reducción de la demanda de refrigeración.

La calificación energética del edificio sería B con índice 0.50, mientras que la calificación de la demanda de calefacción resultante sería A con índice 0.38 y calificación B con índice 0.44 en la demanda de refrigeración.

Por tanto, tras el estudio energético combinado de las propuestas de mejora adoptadas se determina que el ahorro energético calculado supera los objetivos mínimos estimados inicialmente antes de la realización del estudio, pues en principio, se estimaba un ahorro del 15% del consumo eléctrico anual del edificio, y una reducción del 10% de la demanda de calefacción y 10% en la demanda de refrigeración del edificio.

Teniendo en cuenta un incremento anual del 5% del precio de la electricidad, se estima que la rehabilitación energética básica, que consiste en el aislamiento de cubiertas

y muros exteriores, el control de las lamas horizontales y la iluminación LED, con un presupuesto total de 439.500,56 €, se podría amortizar en un periodo de 11 años.

Con lo cuál, se considera un resultado interesante como propuesta de rehabilitación energética conveniente a adoptar, por conseguir ahorros energéticos efectivos y lograr el confort térmico necesario, de una forma relativamente viable económicamente.

## **I. REHABILITACIÓN ENERGÉTICA INTEGRAL DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA**

Si además de la propuesta de rehabilitación básica se considera actuar para mantener un control del aire interior del edificio, haciendo estancas al aire las carpinterías y usando un sistema de ventilación con recuperador de calor para conservar una calidad de aire interior y renovaciones de aire mínimas, se podría generar la mayor reducción de la demanda térmica del edificio.

Es decir, actuando totalmente en la envolvente térmica, el control de aire interior y la iluminación LED, se podría reducir un 35,46% la demanda de calefacción y un 29,81% la demanda de refrigeración, que se considera bastante aceptable y por encima de las estimaciones iniciales establecidas.

La calificación energética de la demanda de calefacción sería A con índice 0.14, aparentemente insuperable, y calificación A con índice 0.22 en la demanda de refrigeración, con una calificación energética del edificio A con índice 0.34.

Por otra parte se generaría un ahorro mínimo del 4,63% del consumo eléctrico del edificio y un 6,20% de la energía primaria eléctrica, debido principalmente a que los ventiladores de los recuperadores de calor aumentarían el consumo eléctrico del edificio.

Hay que tener en cuenta que los cálculos de *Calener GT* mantienen el horario de funcionamiento de climatización del edificio, pero es el usuario del edificio quien decide conectar o desconectar la climatización de los espacios, y normalmente se conecta cuando realmente hace mucho frío o calor.

Se estima un presupuesto de 541.820,52 € y un periodo de amortización de 45 años.

Es decir, el aumento del consumo por la ventilación de los recuperadores de calor teóricamente según los cálculos realizados, incrementaría en 34 años el periodo de amortización de la actuación total. Sin embargo, se cree que con esta propuesta se generaría un mayor ahorro energético que la propuesta de rehabilitación básica.

## J. REHABILITACIÓN ENVOLVENTE TÉRMICA Y UN SISTEMA FOTOVOLTAICO

Si se combina la rehabilitación energética de la envolvente térmica del edificio con la producción eléctrica mediante la implantación de una instalación fotovoltaica con paneles solares, se generaría un ahorro del 17,39% de la energía primaria eléctrica y además una reducción adicional del 12,02% en emisiones de CO<sub>2</sub> por climatización y un 11,11% en iluminación, resultando una calificación energética A con índice 0.30.

En este caso, la instalación fotovoltaica incrementa el presupuesto de la rehabilitación energética a 722.696,18 €, pero ésta permite reducir considerablemente el periodo de amortización de la inversión total, debido a la energía eléctrica generada, hasta un periodo de 17 años.

Esta propuesta es interesante, aunque a la vez arriesgada porque su viabilidad depende demasiado de la variación del precio de la energía eléctrica y del consumo eléctrico futuro del edificio, y además hay que tener en cuenta que la instalación fotovoltaica requiere un mantenimiento regular y la cubierta de la *Escuela Politécnica Superior IV* es inaccesible y sin protección contra caídas de altura.

La generación eléctrica se reduce entre 4 y 6 horas diarias, justamente las horas en las que la demanda de energía eléctrica del edificio no es máxima. Con los años el rendimiento de la instalación fotovoltaica para la generación eléctrica disminuye progresivamente, por lo que es posible que el coste económico considerado durante el periodo de 20 años sea demasiado favorable, porque no incluye imprevistos, pues es probable que el periodo de amortización real ronde los 35 años.

## K. REHABILITACIÓN ENVOLVENTE TÉRMICA E INSTALACIÓN GEOTÉRMICA

Si se combina la rehabilitación energética de la envolvente térmica del edificio con la implantación de una instalación geotérmica con bombas de calor acopladas al terreno y al sistema de climatización del edificio, se generaría un ahorro del consumo eléctrico del edificio del 17% y una reducción adicional del 21,53% de la energía primaria eléctrica con calificación A e índice 0.29; con una reducción del 18,60% en emisiones de CO<sub>2</sub> por climatización, resultando una calificación energética del edificio, A con índice **0.28**.

La instalación geotérmica con bombas de calor sería capaz de generar junto a la rehabilitación de la envolvente térmica del edificio, un ahorro eléctrico anual mínimo de 95.293,40 kWh/año, mucho mayor que cualquier propuesta de mejora analizada, porque

generaría un ahorro fijo importante en el consumo de la instalación de climatización, que suele consumir hasta el 70% de la electricidad del edificio.

La rehabilitación energética de la envolvente térmica junto a la instalación geotérmica incrementaría sustancialmente el presupuesto hasta 1.166.348,08 € y se estima que su amortización se produzca en un periodo máximo de 26 años.

Hay que tener en cuenta que si no se implantara la instalación geotérmica, el periodo de amortización estimado sería de 45 años; por tanto, se puede decir que el ahorro energético por el aprovechamiento del intercambio térmico del subsuelo con la instalación de climatización actual, podría reducir 19 años el periodo de amortización.

En comparación con la implantación de la instalación fotovoltaica, la instalación geotérmica genera al menos un 5,90% más de ahorro eléctrico anual, y además su disponibilidad es permanentemente, no requiere mantenimiento, y su rendimiento y durabilidad es claramente superior a la instalación fotovoltaica; por lo que pensando a largo plazo, es de gran interés el considerar la implantación de una instalación geotérmica en el edificio.

## **L. REHABILITACIÓN ENERGÉTICA INTEGRAL DEL EDIFICIO**

Si se combinan todas las propuestas de rehabilitación energética anteriores, el resultado es que el consumo eléctrico del edificio se reduciría un 17,05%, es decir, la adición de la instalación fotovoltaica incrementaría apenas un 0,05% respecto de la propuesta de rehabilitación de la envolvente térmica junto con la instalación geotérmica.

Sin embargo, se reduciría hasta un 32,41% la energía primaria eléctrica del edificio, y la instalación fotovoltaica junto con la instalación geotérmica podrían generar una reducción del 29,84% de emisiones de CO<sub>2</sub> respecto de la rehabilitación de la envolvente térmica, y un 11,24% adicional respecto de la propuesta de la envolvente térmica junto a la instalación geotérmica. Las emisiones de CO<sub>2</sub> por iluminación también se reducirían un 13,89%.

Por tanto, la calificación energética máxima que podría lograrse en el edificio combinando todas las propuestas de mejora analizadas es A con índice 0.24, calificación A con índice 0.25 en energía primaria, calificación A con índice 0.23 en emisiones de climatización, calificación A con índice 0.34 en emisiones de iluminación, calificación A

con índice 0.14 en demanda de calefacción y calificación A con índice 0.22 en demanda de refrigeración.

En cuanto al logro de los objetivos iniciales estimados, no se consigue alcanzar un ahorro del 40% del consumo anual eléctrico del edificio, pero se supera la reducción de la demanda de calefacción del 30% y la demanda de refrigeración del 25%, pues se conseguiría reducir la demanda en 35,46% y 29,81% respectivamente.

De todas formas, impresiona afirmar que se conseguirían tales calificaciones energéticas excepcionales, mientras el consumo eléctrico anual sería de 464.907,47 kWh/año con una demanda de calefacción realmente de 94,92 kWh/m<sup>2</sup>·año y una demanda de refrigeración de 101,07 kWh/m<sup>2</sup>·año, teniendo en cuenta sólo la superficie acondicionada del edificio para estos últimos datos.

Por tanto, se podría decir que las propuestas de mejora del edificio superan hasta cuatro veces las limitaciones actuales de la normativa del Código Técnico de la Edificación, y que la calificación energética refleja esa diferencia con el supuesto edificio de Referencia de cálculo de *Calener GT*.

El presupuesto final de la rehabilitación energética integral analizada, sería de un total de 1.347.223,74 € con un periodo de amortización estimado de 24 años, con lo cuál es una propuesta bastante interesante para el ahorro energético del edificio.

Por tanto, respecto a las diferentes propuestas de rehabilitación energética, se propone la opción básica, y para el máximo energético posible convendría tener en cuenta la opción de actuar en toda la envolvente térmica e implantar una instalación geotérmica.



## 8.6. OPINIÓN SOBRE LAS HERRAMIENTAS DE CÁLCULO ENERGÉTICO

Este estudio conlleva a afirmar, que este tipo de estudio energético en edificios terciarios requiere de una exhaustiva toma de datos, mediciones y cálculos de los parámetros que definen el modelo del edificio y su geometría, pues en el caso contrario, los resultados energéticos serán muy dispares, fuera del comportamiento energético real del edificio.

Por tanto, el autor de este proyecto considera que es impensable el uso de herramientas de cálculo energético simplificadas, teniendo en cuenta que definiendo el edificio con máximo detalle, los programas de cálculo energético por procedimiento general tienen ciertas limitaciones de cálculo porque vienen predefinidas por motivos administrativos o de cumplimiento con la normativa en eficiencia energética española.

Los programas de simulación energética actuales no suelen tener esas restricciones, pero eso implica tener conocimientos muy avanzados en eficiencia energética, por lo que en ciertos casos sería impensable el uso de otros programas generales, por el elevado volumen de trabajo requerido.

Por tanto, es especialmente recomendable y útil el uso de programas de simulación energética a nivel de fase de proyecto y diseño del edificio, y con este proyecto se demuestra que los programas generales *LIDER* y *Calener GT* facilitan la dura labor para el estudio energético detallado del edificio, para la comprobación del cumplimiento de la normativa energética, e incluso para la propuesta de mejoras de su eficiencia energética, sólo para edificios ubicados dentro de las zonas climáticas de España.

La cuestión es que el técnico o usuario inexperto de los programas *LIDER* y *Calener GT*, suele ser inconsciente de los errores o inexactitudes que se generen en éstos, porque sólo pueden conocerse estudiando en profundidad la estructura que define el edificio en el fichero guardado del programa de simulación.

Es decir, este tipo de estudio tan detallado mediante los documentos reconocidos de cálculo energético por procedimiento general, tiene su dificultad en la extracción de datos de resultados de cálculo, que son ocultos, por lo que hay que convertirlos en formato de hoja de cálculo y editarlos según el propósito de la utilización de los datos.



## 9. CONCLUSIONES

Se comprueba que el modelo energético del edificio de la *Escuela Politécnica Superior IV* de la Universidad de Alicante en *Calener GT*, ha mostrado un grado de precisión de resultados tal que la variación anual respecto de los consumos eléctricos reales generados en el edificio durante el curso académico 2013/14 ha sido de un 0,49% con diferencia anual de 2.746 kWh/año.

Por tanto, el modelo del edificio ha permitido estimar con cierta fiabilidad los ahorros energéticos que se generarían tras la ejecución de las diferentes propuestas para la mejora de su eficiencia energética.

El edificio tiene una elevada demanda térmica de 105,2 y 103,0 kWh/m<sup>2</sup>·año en calefacción y refrigeración respectivamente, que genera un elevado consumo eléctrico del edificio en climatización en torno al 70%, siendo el consumo eléctrico anual simulado de 560.458,57 kWh/año, con un correspondiente coste anual de la factura eléctrica en torno a 77.434,19 €. Sin embargo, el edificio cumple con las limitaciones de la demanda térmica del CTE actuales y su calificación energética resultante es B con índice 0.64.

Del estudio energético se ha analizado la conveniencia de actuar en primer lugar en la envolvente térmica del edificio, en cuanto a la estanqueidad de los espacios y el control de la ventilación del aire interior con recuperación de calor, al aislamiento térmico, a la sustitución de vidrios y mantenimiento de las lamas horizontales de las ventanas, así como la sustitución de las luminarias por otras de tipo LED de mayor eficiencia energética.

Para la propuesta de rehabilitación considerada básica y/o imprescindible, el ahorro energético calculado supera los objetivos mínimos estimados inicialmente antes de la realización del estudio, pues se ha logrado cuantificar un ahorro del 16% del consumo eléctrico anual del edificio, y una reducción del 14,16% de la demanda de calefacción y 18,74% en la demanda de refrigeración del edificio; resultando una calificación energética B del edificio con índice 0.50, y calificación A con índice 0.38 en la demanda de calefacción y calificación B con índice 0.44 en la demanda de refrigeración.

En un segundo lugar, se ha planteado la posibilidad del uso de energías renovables como la fotovoltaica y la geotermia con bombas de calor, de tal forma que si se combinaran todas las propuestas para la rehabilitación energética del edificio, se ha logrado cuantificar un ahorro máximo del 17,05%, y una reducción del 35,46% de la

demanda de calefacci3 y 29,81% en la demanda de refrigeraci3 del edificio; resultando una calificaci3 energ3tica A del edificio con 3ndice 0.24, y calificaci3 A con 3ndice 0.14 en la demanda de calefacci3 y calificaci3 A con 3ndice 0.22 en la demanda de refrigeraci3.

Por tanto, no ha sido posible cuantificar el objetivo de un ahorro el3ctrico m3ximo del 40%, aunque se ha logrado cuantificar una reducci3 la demanda t3rmica importante, que ha superado satisfactoriamente los objetivos establecidos inicialmente.

Sin embargo, los valores resultantes aparentan incluso ser elevados tras la rehabilitaci3 energ3tica pese a lograr tales calificaciones energ3ticas excepcionales, pues tras la combinaci3 de todas las propuestas de rehabilitaci3 energ3tica, el consumo el3ctrico anual se ha cuantificado en 464.907,47 kWh/a3o con una demanda de calefacci3 de 67,9 kWh/m<sup>2</sup>·a3o y una demanda de refrigeraci3 de 72,3 kWh/m<sup>2</sup>·a3o.

La metodolog3 seguida para hallar todo el c3lculo y an3lisis de la eficiencia energ3tica del edificio para la propuesta de mejoras de su eficiencia energ3tica, ha resultado ser laboriosa pero con resultados coherentes, que posiblemente se ajusten a la realidad construida si se decidiera tomar la propuesta en un futuro para el edificio.

Por tanto, el aporte de este proyecto a la sociedad es en primer lugar, una metodolog3 propia para resolver la cuesti3 en edificios de gran terciario, pero tambi3n ampliable a cualquier edificio.

En segundo lugar, se ha aportado una informaci3 detallada del estado actual energ3tico del edificio de la *Escuela Polit3cnica Superior IV* de la Universidad de Alicante junto a m3ltiples propuestas de mejora de su eficiencia energ3tica, que pudiera ser 3til para la toma de decisiones sobre la mejora de la eficiencia energ3tica del edificio para la Oficina T3cnica de la Universidad y a la arquitecta *Lola Alonso Vera*, autora del edificio.

Como trabajos futuros, el autor de este proyecto desarrolla un proyecto final de m3ster en Gesti3 de la Edificaci3, de cierto car3cter investigador, que consiste en el estudio energ3tico y de viabilidad para la implantaci3 de una instalaci3 geot3rmica con bombas de calor geot3rmicas acopladas al terreno y a la instalaci3 de climatizaci3 de la *Escuela Polit3cnica Superior IV* de la Universidad de Alicante, debido al gran inter3 que muestra la instalaci3 geot3rmica por el gran el ahorro energ3tico en climatizaci3 que se estima ser3 capaz de generar.

## 9. CONCLUSIONES

Por último se concluye con una tabla resumen, los diferentes ahorros energéticos cuantificados que podrían lograrse para cada actuación de la mejora de la eficiencia energética del edificio y para las diferentes combinaciones de propuestas para su rehabilitación energética.

*Tabla 53. Resumen ahorros energéticos de las diferentes propuestas de rehabilitación energética del edificio*

Concepto energía	0	1	2	3	4	5	6	7	A	B	C	D	E
Consumo eléctrico MWh/año	560,46	490,42	487,37	625,71	551,07	553,17	555,16	426,46	470,77	534,54	534,54	465,17	464,91
Ahorro consumo %	0,00%	12,50%	13,04%	-11,64%	1,67%	1,30%	0,95%	23,91%	16,00%	4,63%	4,63%	17,00%	17,05%
Demanda calef. kWh/m²	105,2	107,6	105,2	82,8	94,4	95,3	102,5	105,2	90,3	67,9	67,9	67,9	67,9
Ahorro D. calef. %	0,00%	-2,28%	0,00%	21,29%	10,27%	9,41%	2,57%	0,00%	14,16%	35,46%	35,46%	35,46%	35,46%
Demanda refriger. kWh/m²	103	98,9	103	91,5	92	92,1	104	103	83,7	72,3	72,3	72,3	72,3
Ahorro D. refriger. %	0,00%	3,98%	0,00%	11,17%	10,68%	10,58%	-0,97%	0,00%	18,74%	29,81%	29,81%	29,81%	29,81%
Energía primaria kWh/año	125,9	106,3	105,4	143,5	123,4	123,8	124,4	111,5	100,8	118,1	104	98,8	85,1
Ahorro E. prim. %	0,00%	15,57%	16,28%	-13,98%	1,99%	1,67%	1,19%	11,44%	19,94%	6,20%	17,39%	21,53%	32,41%
Calif. Energética-índice	B-0.64	B-0.53	B-0.54	B-0.41	B-0.63	B-0.63	B-0.63	B-0.57	B-0.50	A-0.34	A-0.30	A-0.28	A-0.24

*Fuente: elaboración propia a partir de calificación energética de Calener GT*

Referencia propuestas:

- |   |   |
|---|---|
| 0. Estado actual edificio                       | A. Propuesta rehabilitación energética básica (1+4+5+6)                         |
| 1. Iluminación LED                              | B. Propuesta rehabilitación integral envolvente térmica (1+3+4+5+6)             |
| 2. Instalación geotérmica con bombas de calor   | C. Rehabilitación envolvente térmica con instalación fotovoltaica (1+3+4+5+6+7) |
| 3. Estanqueidad espacios y recuperador de calor | D. Rehabilitación energética térmica con instalación geotérmica (1+2+3+4+5+6)   |
| 4. Aislamiento térmico muros y cubiertas        | E. Rehabilitación energética integral (1+2+3+4+5+6+7)                           |
| 5. Sustitución vidrios                          |   |
| 6. Control lamas horizontales                   |   |
| 7. Instalación fotovoltaica                     |   |

\* Los consumos eléctricos incluyen un consumo de equipamiento de 110,70 MWh/año



# 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **ATECYR y IDAE.** Guía técnica de procedimientos y aspectos de la simulación de instalaciones térmicas en edificios. [En línea] 2008. [Citado el: 20 de Noviembre de 2013.]  
[http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/DocumentosReconoci-dos/OtrosDocumentos/Calificaci%C3%B3n%20energ%C3%A9tica.%20Viviendas/Guia\\_Procedimientos\\_Simulac-ion.pdf](http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/DocumentosReconoci-dos/OtrosDocumentos/Calificaci%C3%B3n%20energ%C3%A9tica.%20Viviendas/Guia_Procedimientos_Simulac-ion.pdf). ISBN: 000-00-00000-00-0.
2. **Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea.** Directiva 2002/91/CE, relativa a la eficiencia energética de los edificios. [En línea] 16 de Diciembre de 2002. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:32002L0091>
3. **Ministerio de industria, energía y turismo.** Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios, versión consolidada Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio. [En línea] 2013. [Citado el: 31 de Mayo de 2014.]  
<http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reglamento/RDecreto-1027-2007-Consolidado-9092013.pdf>
4. **Código Técnico de la Edificación.** CTE-DB HE. *Documento Básico de Ahorro de Energía.* [En línea] 11 de Noviembre de 2013. [Citado el: 9 de Enero de 2014.]  
[http://www.codigotecnico.org/cte/export/sites/default/web/galerias/archivos/documentosCTE/DB\\_HE/DBHE-2013-11-08.pdf](http://www.codigotecnico.org/cte/export/sites/default/web/galerias/archivos/documentosCTE/DB_HE/DBHE-2013-11-08.pdf)
5. **Ministerio de Industria, Energía y Turismo de España; IDAE.** Programa informático Calener-GT versión 3.21. *Calificación de eficiencia energética de grandes edificios del sector terciario.* [En línea] 11 de Abril de 2013. [Citado el: 12 de Octubre de 2013.] [http://www6.mityc.es/aplicaciones/calener/calener\\_gt/instalarCALENER-GT\\_321.exe](http://www6.mityc.es/aplicaciones/calener/calener_gt/instalarCALENER-GT_321.exe) / También disponible en:  
<http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/DocumentosReconoci-dos/ProgramaCalener/Paginas/DocumentosReco>
6. **Presidencia del gobierno.** Norma básica de edificación NBE-CT-79, sobre condiciones térmicas en los edificios. [En línea] 8 de Julio de 1979. [Citado el: 13 de Mayo de 2014.]  
<http://www.boe.es/boe/dias/1979/10/22/pdfs/A24524-24550.pdf>
7. **IDAE Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía.** Factores de emisión de CO2 y Coeficientes de paso de la energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector edificios en España. [En línea] 3 de Febrero de 2014. [Citado el: 12 de Agosto de 2014.]  
[http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/propuestas/Documents/2014\\_03\\_03\\_Factores\\_de\\_emision\\_CO2\\_y\\_Factores\\_de\\_paso\\_Efinal\\_Eprimaria\\_V.pdf](http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/propuestas/Documents/2014_03_03_Factores_de_emision_CO2_y_Factores_de_paso_Efinal_Eprimaria_V.pdf)
8. **FENERCOM.** Guía de ahorro y eficiencia energética en centros docentes. [En línea] 2011. [Citado el: 22 de Octubre de 2013.] <http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-de-Ahorro-y-Eficiencia-Energetica-en-Centros-Docentes-fenercom-2011.pdf>
9. **Berrocal Melado, Juan Carlos.** Propuestas para mejorar la eficiencia energética en centros educativos. [En línea] 10 de Diciembre de 2012. [Citado el: 13 de Octubre de 2014.]  
[http://www.anpebadajoz.es/autodidacta/autodidacta\\_archivos/numero\\_10\\_archivos/j\\_b\\_melado.pdf](http://www.anpebadajoz.es/autodidacta/autodidacta_archivos/numero_10_archivos/j_b_melado.pdf)  
Autodidacta, ISSN: 1989-9041.
10. **ICAEN.** Guia metodològica per realitzar auditories energètiques. *Colección Cuaderno práctico 7.* [En línea] Noviembre de 2012. [Citado el: 12 de Abril de 2015.]  
[http://icaen.gencat.cat/web/.content/06\\_relacions\\_institucionals\\_i\\_comunicacio/04\\_publicacions/quadern\\_prac-tic/arxius/07\\_auditories\\_energetiques.pdf](http://icaen.gencat.cat/web/.content/06_relacions_institucionals_i_comunicacio/04_publicacions/quadern_prac-tic/arxius/07_auditories_energetiques.pdf)
11. **FENERCOM.** Guía del estándar Passivhaus. Edificios de consumo energético casi nulo. [En línea] 2011. [Citado el: 11 de Abril de 2015.] <http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-del-Estandar-Passivhaus-fenercom-2011.pdf>
12. **Junta de Castilla y León - EREN.** Manual de Eficiencia Energética en Centros Docentes. Uso y mantenimiento. [En línea] Diciembre de 2013. [Citado el: 2 de Abril de 2015.]  
<http://www.energia.jcyl.es/web/jcyl/binarios/231/806/Manual%20Ef.%20Energetica%20Centros%20Docentes%20>



20. [Rehabilitaci%C3%B3n.pdf?blobheader=application%2Fpdf%3Bcharset%3DUTF-8&blobheadername1=Cache-Control&blobheadername2=Expires&blobheadername3=Site&blobhe](#)

13. **IDAE**. Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación. Centros docentes. [En línea] Marzo de 2001. [Citado el: 12 de Noviembre de 2013.]  
[http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_5573\\_GT\\_iluminacion\\_centros\\_docentes\\_01\\_6803da23.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_5573_GT_iluminacion_centros_docentes_01_6803da23.pdf)

14. **ATECYR y IDAE**. Guía técnica de ahorro y recuperación de energía en instalaciones de climatización. [En línea] Junio de 2012. [Citado el: 29 de Abril de 2015.]  
[http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/Climatizaci%C3%B3n\\_y\\_Recup\\_Inst\\_Climatizaci%C3%B3n\\_09.pdf](http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/Climatizaci%C3%B3n_y_Recup_Inst_Climatizaci%C3%B3n_09.pdf). ISBN: 978-84-96680-53-1.

15. **ICAEN**. Energía solar fotovoltaica. Col.lecció Quadern pràctic 4. [En línea] Mayo de 2011. [Citado el: 27 de Abril de 2015.]  
[http://icaen.gencat.cat/web/.content/06\\_relacions\\_institucionals\\_i\\_comunicacio/04\\_publicacions/quadern\\_practic/arxiu/04\\_energia\\_solar\\_fotovoltaica.pdf](http://icaen.gencat.cat/web/.content/06_relacions_institucionals_i_comunicacio/04_publicacions/quadern_practic/arxiu/04_energia_solar_fotovoltaica.pdf)

16. **Código Técnico de la Edificación**. Documento de Apoyo al Documento Básico de Ahorro de energía . *DA DB-HE / 2. Comprobación de limitación de condensaciones superficiales e intersticiales en los cerramientos*. [En línea] Octubre de 2013. [Citado el: 9 de Enero de 2014.]  
[http://www.codigotecnico.org/cte/export/sites/default/web/galerias/archivos/DA-DB-HE-2\\_-\\_Condensaciones.pdf](http://www.codigotecnico.org/cte/export/sites/default/web/galerias/archivos/DA-DB-HE-2_-_Condensaciones.pdf)

17. **Código Técnico de la Edificación**. DB HS. Documento Básico de Salubridad. [En línea] 2009.  
[http://www.codigotecnico.org/cte/export/sites/default/web/galerias/archivos/DB\\_HS\\_2009.pdf](http://www.codigotecnico.org/cte/export/sites/default/web/galerias/archivos/DB_HS_2009.pdf)

18. **IDAE Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía**. Condiciones de aceptación de procedimientos alternativos a LIDER y CALENER. Anexos. [En línea] 2009. [Citado el: 30 de Mayo de 2014.]  
[http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/DocumentosReconocidos/OtrosDocumentos/Calificaci%C3%B3n%20energ%C3%A9tica.%20Viviendas/Cond\\_acept\\_anexos.pdf](http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/DocumentosReconocidos/OtrosDocumentos/Calificaci%C3%B3n%20energ%C3%A9tica.%20Viviendas/Cond_acept_anexos.pdf)

19. **IDAE Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía**. Escala de calificación energética para edificios existentes. [En línea] Mayo de 2011. [Citado el: 23 de Marzo de 2014.]  
[http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/DocumentosReconocidos/OtrosDocumentos/Calificaci%C3%B3n%20energ%C3%A9tica.%20Viviendas/Escala\\_Calif%20Edif%20Existentes\\_accesible.pdf](http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/DocumentosReconocidos/OtrosDocumentos/Calificaci%C3%B3n%20energ%C3%A9tica.%20Viviendas/Escala_Calif%20Edif%20Existentes_accesible.pdf)

20. **Aurea Consulting**. Lector de resultados avanzados de LIDER y Calener VyP. [En línea]  
<http://www.ecoeficiente.es/cargas-y-demandas-calener-vyp>.

21. **Servicio de Infraestructuras Universidad Alicante**. Consumos energéticos y agua de los edificios de la Universidad de Alicante. *Informe*. [En línea] Enero de 2015. [Citado el: 21 de Marzo de 2015.]  
<http://is.ua.es/es/documentos/oficina-tecnica/archivos-consumos-ua/consumos-por-edificios-ua.pdf>.

22. **AEN/CTN 85**. UNE-EN 12207:2000. *Ventanas y puertas. Permeabilidad al aire. Clasificación*. [En línea] 17 de Abril de 2000. [Citado el: 29 de Julio de 2014.]  
[http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0022525#.VXYaUM\\_tmko](http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0022525#.VXYaUM_tmko).

23. **Instituto Catalán de la Energía**. Preguntas frecuentes sobre las herramientas de calificación de eficiencia energética de edificios. [En línea] Septiembre de 2012. [Citado el: 25 de Octubre de 2013.]  
[http://icaen.gencat.cat/web/.content/01\\_estalvi\\_i\\_eficiencia\\_energetica/documents/arxiu/faqs\\_certificacio\\_e\\_dificios\\_cast.pdf](http://icaen.gencat.cat/web/.content/01_estalvi_i_eficiencia_energetica/documents/arxiu/faqs_certificacio_e_dificios_cast.pdf).

24. **IDAE Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía**. CALENER-GT: Grandes Edificios Terciarios. Manual Técnico. [En línea] Mayo de 2009. [Citado el: 23 de Mayo de 2014.]  
[http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_CALENER\\_03\\_GT\\_Manual\\_Tecnico\\_A2009\\_A\\_f23fc148.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_CALENER_03_GT_Manual_Tecnico_A2009_A_f23fc148.pdf).

25. **IDAE Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía**. CALENER-GT: Grandes edificios terciarios. Manual de Referencia. [En línea] Mayo de 2009. [Citado el: 23 de Mayo de 2014.]  
<http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/DocumentosReconocidos/ProgramaCalener/CalenerGT1/Manual%20Referencia.pdf>.

## GLOSARIO

***Carga punta:*** es el sumatorio de cargas térmicas de calefacción y refrigeración medidas en W, más elevadas y desfavorables registradas en el cálculo a lo largo de todo el año.

***Demanda térmica:*** se refiere a la necesidad de potencia calorífica o frigorífica para mantener una temperatura interior estable tanto periodo de invierno como en verano, medido en kWh o kWh/m<sup>2</sup>.

***Confort térmico:*** se puede llamar también confort higrotérmico o comodidad higrotérmica, y se refiere a la ausencia de malestar térmico de las personas dentro de un edificio, bajo un adecuado rango de temperatura y humedad del aire interior, en el que no tienen que intervenir los mecanismos termorreguladores del cuerpo para la actividad que se realice, que en la Universidad normalmente es una actividad ligera, sentado y con ligero arropamiento. Es decir, es una sensación subjetiva que puede variar entre las personas.

***Renovación de aire:*** se refiere al caudal de aire mínimo necesario para garantizar la calidad del aire interior del edificio, teniendo en cuenta la infiltración de aire, la ventilación natural y/o mecánica de impulsión y extracción de aire.

***Infiltraciones de aire:*** se refiere al caudal o a las demandas térmicas de la entrada de aire exterior o de la salida de aire interior, incontrolada y no deseada, de los espacios del edificio.

***Calificación energética:*** coeficiente de relación de cálculo, dada entre el edificio Objeto y el edificio de Referencia, para las demandas térmicas, consumos de energía primaria y final, y emisiones de CO<sub>2</sub>; y expresada por una escala de letras comprendidas entre la A y la G.

***VEEI:*** valor de eficiencia energética de iluminación de un espacio, que relaciona la potencia total de iluminación instalada con la iluminancia media mantenida por superficie del espacio del edificio, expresado en W/m<sup>2</sup>·100 lux.

***HVAC (Heating, Ventilating and Air Conditioning):*** Se refiere a los sistemas de climatización del edificio.

**Gran Terciario:** referente a un edificio de gran superficie que se caracteriza por un uso diferente del residencial, que para su acondicionamiento del aire interior requiere de sistemas de climatización de elevada potencia.

**Bomba de calor:** equipo de climatización que genera calor y/o frío mediante energía eléctrica, formado por un compresor, condensador y evaporador conectados a un circuito que transporta un fluido, que transmite la temperatura a equipos terminales.

**Fan-coil o ventiloconvector:** es un equipo de climatización terminal que intercambia el calor o frío proveniente de un circuito hidráulico, mediante una batería o intercambiador, y lo transmite al interior con un ventilador.

**UTA (Unidad de Tratamiento de Aire):** es un equipo de climatización terminal que trata el aire exterior, lo filtra y lo impulsa hacia el interior con un control de humedad adecuado según el periodo del año, cuya temperatura de impulsión depende normalmente de un circuito hidráulico o de gases independiente. Puede disponer de recuperador de calor en la extracción de aire del interior.

**RITE:** Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios.

**CTE:** Código Técnico de la Edificación. Marco normativo que establece y desarrolla las Exigencias Básicas de calidad de los edificios y sus instalaciones, y que permiten demostrar que se satisfacen los Requisitos Básicos de la edificación, de la Ley; que incluye Documentos Reconocidos que facilitan el cumplimiento de sus exigencias básicas.

**LIDER:** Documento Reconocido y software de cálculo de la Limitación de la Demanda Energética de los edificios impuesta por el documento Básico HE de ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación, vigente desde el año 2007 hasta 2014.

**Calener VyP:** Documento Reconocido y software de cálculo de calificación energética de edificios residenciales y pequeños o medianos edificios terciarios impuesto para el cumplimiento de la calificación energética mínima establecida para nueva edificación y reformas integrales, por el documento Básico HE de ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación, vigente desde el año 2007 hasta 2014.

**Calener GT:** Documento Reconocido y software de cálculo de calificación energética de edificios de gran terciario, para el cumplimiento de las directrices del *Reglamento de instalaciones Térmicas de los Edificios*, y de la calificación energética

mínima establecida para nueva edificación y reformas integrales, por el documento Básico HE de ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación, vigente desde el año 2007 hasta la actualidad.

**Simulación energética:** en este proyecto no significa estrictamente simulación, sino más bien un cálculo energético estimado bajo un rango de uso habitual del edificio, porque los programas de cálculo utilizados en este proyecto, llevan un método de cálculo predeterminado no modificable; pero conociendo sus diferentes limitaciones, se les da un uso provechoso intentando que los cálculos realizados sean lo más coherentes posibles con el comportamiento energético del edificio y sirvan como referencia para el estudio de este proyecto, al mismo tiempo que sirven para obtener la calificación energética y cumplimiento de las limitaciones de ahorro de energía de los edificio.



## ANEXO A. TOMA DE DATOS DE REFERENCIA DEL PROYECTO ORIGINAL DEL EDIFICIO

En este Anexo se muestra la información recopilada del proyecto original del edificio de la *Escuela Politécnica Superior IV* de la Universidad de Alicante, facilitado por la *Oficina Técnica* del Servicio de Infraestructuras de la Universidad de Alicante.

Se utiliza como referencia inicial para la toma de datos del edificio, necesarias para realizar el estudio de eficiencia energética del edificio, mediante las herramientas de simulación del Ministerio de Industria, Energía y Turismo, *LIDER*, *Calener VyP* y *Calener GT*.

La memoria del proyecto no está disponible para su consulta en la *Oficina Técnica* de la Universidad. La información disponible que se muestra en este Anexo pertenece al ***presupuesto*** y los ***planos*** de ejecución material del edificio.

Durante el estudio del proyecto se observan múltiples incoherencias entre el proyecto y el edificio construido, comprobadas visitando el edificio, realizando mediciones de carpinterías, dimensiones y grosores de cerramientos, instalación eléctrica e instalación de climatización.

En cada apartado específico de este proyecto se justifica los datos finalmente empleados para el cálculo.

## ANEXO A.1. DESCRIPCIÓN MATERIAL DEL PROYECTO DEL EDIFICIO

Se extrae parte de la descripción del presupuesto del proyecto original del edificio, utilizado como base de referencia inicial para definir la *envolvente térmica del edificio y la instalación de climatización* en los programas de certificación energética, *LIDER* y *Calener GT*.

### A. ESTRUCTURA

1. Muro de contención de hormigón armado H-200 de espesor variable, encofrado a una cara vista con tablero fenólico, con árido rodado diám. Máx. 20 mm, cemento P-350 y consistencia plástica, impermeabilización con membrana drenante de polietileno de alta densidad con relieves semicónicos, con solapes de 20 cm entre láminas.
2. Forjado unidireccional con hormigón armado H-200 a base de viguetas semirresistentes de 22 cm de canto y 4 cm de capa de compresión, intereje 70 cm, incluso rótulas y bandas de neopreno. Acero AEH-400 N/F, Mallazo 15x15 d=4mm AEH-500, semivigüeta armada, bovedilla hormigón.
3. Estructura triangula perfil laminado, con hacer en vigas de celosía tipo A-42b, con perfiles tipo IPN, UPN, L, HEB, con revestimiento de imprimación de antióxido a base de fosfatos y pintura al esmalte en perfilaría vista.

### B. ALBAÑILERÍA

1. Tabique de ladrillo hueco sencillo de 4 cm de espesor recibido con mortero M-40 1:6 con plastificante.
2. Tabicón ladrillo hueco doble de 7 cm de espesor, recibido con mortero M-40 (1:6), con plastificante. Mortero cemento PA-350 1:6.
3. Tabicón de ladrillo perforado doble de 9 cm de espesor recibido con mortero M-40 1:6 con plastificante. Mortero Cemento PA-350 1:6, enfoscado maestreado paredes.
4. Enfoscado maestreado, fratasado en paredes interiores/exteriores, con mortero de cemento M-40 (1:6) PA-350 1:3.
5. Guarnecido maestreado y enlucido de yeso en paredes con pasta de yeso Y-25F.



6. Cerramiento compuesto por hoja exterior de ladrillo cerámico hueco doble de  $\frac{1}{2}$  pie de espesor 9 cm, enfoscado maestreado paredes, aislamiento a base de plancha rígida de poliestireno expandido de 30 mm de espesor, densidad  $20 \text{ kg/m}^3$ ,  $0,032 \text{ Kcal/hm}^\circ\text{C}$ , clavado sobre superficie con puntas de acero  $17 \times 70 \text{ 3mm}$  y aplicación de lechada de cemento, cámara de 8,5 cm y hoja interior de ladrillo cerámico hueco doble de 7 cm. Mortero Cemento PA-350 1:6.
7. Techo continuo de plancha de escayola lisa, con fijación de esparto, incluso foseado perimetral. Placa de escayola lisa 20 mm, foseado de escayola  $4 \times 4 \text{ cm}$ , esparto en Bala, pasta de escayola.
8. Falso Techo suspendido a base de panel acústico de viruta de madera fina, mezclada con magnesita de  $600 \times 1200 \text{ mm}$  de 25 mm de espesor, color natural claro, colgadas en perfilería metálica T invisible.
9. Faldón de cubierta a base de barrera de vapor de lámina PVC 0,5 mm de espesor, formación de pendiente de hormigón celular, membrana impermeable de PVC de 1,5 mm espesor, reforzada con malla de fibra de vidrio 1,5 color gris con fijación perimetral por soldadura térmica sobre perfil colaminado, aislamiento térmico con panel rígido poliestireno extruído de 40 mm de espesor  $25 \text{ kg/m}^3$ , que no se colocará en cubierta de zona externa, lámina geotextil tipo Feltemper-300 y gravilla suelta redondeada de  $18/20 \text{ mm}$  de diámetro lavada de río.

### C. PAVIMENTOS Y CHAPADOS

1. Solado base con baldosas de terrazo de  $40 \times 40 \text{ cm}$  de restos de producción para base de pavimento de caucho, recibidas con mortero cemento M-40 PA-350 1:6, incluso nivelado con capa de arena de 30 mm de espesor medio, lechada de cemento 1:2, debastado.
2. Pavimento de caucho natural y sintético acabado liso, junta soldada en loseta de 3mm de espesor, recibido sobre Terrazo devastado mediante pasta niveladora y adhesivo, incluso recortes junta schuter para tapajuntas en los cambios de pavimento. Pavimento loseta caucho  $50 \times 50 \text{ 3 mm}$ , adhesivo contacto, pasta alisadora para pavimento flexible, junta Schluter acero inoxidable.
3. Pavimento con baldosas de Gres monococción de  $20 \times 20 \text{ cm}$  color gris medio, recibidas con mortero cola sobre capa de mortero de cemento maestreado M—40 1:6.

Mortero cemento PA-350 1:6, lechada cemento 1:2, mortero cola, enfoscado maestreado paredes/techo.

4. Alicatado de paredes con azulejo blanco 10x20 cm, recibido con adhesivo especial sobre paramentos enfoscados y maestreados de cemento. Lechada cemento 1:2.
5. Pavimento hormigón H-200 tamaño máximo de árido 12-15 mm de 4 cm de espesor armado con mallazo de 10x10x6mm AEH-500 y aditivo para evitar fisuración de fibra de vidrio, juntas de dilatación de aluminio anodizado plata de igual altura que el pavimento, en módulos de 4,88x4,98m y junta perimetral. Fratasado mecánico con adición de cuarzo y cemento y curado mediante riego. Tratado superficial de protección a base de resina Epoxi transparente. Aditivo fibra de vidrio.
6. Solera de hormigón H-200 armada con doble mallazo de diámetro 4 mm cada 15 cm de 20 cm de espesor. Firme con 15 cm de espesor de grava gruesa, remate perimetral de 35 cm de altura, fratasado con medios mecánicos. Grava diámetro 20/40 mm, mallazo 15x15 d=4mm AEH-500.
7. Solera H-200 armada espesor 11 cm.
8. Pavimento de parquet industrial recibido con adhesivo sobre terrazo existente incluso con rodapié del mismo material en 5 cm de altura y tapajuntas cromado en cambios de pavimento.

#### **D. CARPINTERÍA METÁLICA Y CERRAJERÍA**

1. Celosía lamas graduables regulables desde el interior con lamas de 105 mm de aluminio extrusionado anodizado plata, con testeros de aleación inyectada sujetas mediante perfilera metálica galvanizada, con manivela de accionamiento manual. En la realidad las lamas son de 14 cm.
2. Carpintería de aluminio a base de perfilera de espesor 1,5 mm anodizada plata formando hojas correderas, abatibles de eje horizontal o vertical, fijos, basculantes, para acristalar con distintos vidrios, con precercos de acero galvanizado con forro de chapa de aluminio anodizado en igual color de 2 mm, sellado de juntas con silicona.
3. Revestido de techos con chapa de aluminio anodizado plata de 2 mm de espesor colocada sobre rastrel de acero galvanizado con remaches.

4. Muro cortina a base de perfiles de aluminio extruïdo con tratamiento térmico T-5, acabado anodizado plata, con montantes fijados a forjados mediante anclajes regulables tridimensionalmente realizados con perfil de acero laminado y cincado en base, aluminio extrusionado en piezas de fijación directa de montantes y acero bicromático la tornillería. Gomas en montantes y travesaños para el acristalamiento vidrio laminar 6+6, tapa y contratapa de aluminio y juntas de neopreno para sujeción del acristalamiento, sellado con silicona y remate superior con chapa de aluminio anodizado. Vidrio Stadip 6+6mm. Chapa aluminio anodizado 1,5 mm.
5. Carpintería de aluminio anodizado plata para colocar sobre muro cortina, basculante o abatible, preparada para acristalar con vidrio 6+6mm.

## **E. CARPINTERÍA**

1. Revestido de paramentos con tablero de contrachapado marino de 16 mm de espesor colocado sobre rastrel de pino de 3 cm y acabado a base de barniz de poliuretano. Enrastrelado listones pino 3 cm.
2. Carpintería de madera a base de 1 o 2 hojas de tablero de contrachapado marino (2 tableros de 1 cm cada uno) de 40 mm de espesor, canteada con listón de 2 cm en el mismo material y acabado con barniz de poliuretano transparente realizado en taller, y cerco de perfil de aluminio anodizado plata.
3. Carpintería de madera a base de hoja de contrachapado marino acabado en barniz transparente de poliuretano de 40 mm de espesor con precercos de pino de Flandes, con galces y tapajuntas en contrachapado marino con igual acabado que la hoja. Precerco Pino Flandes 70x40 cm.
4. Carpintería de madera a base de hoja de tablero laminado de 35 mm de espesor, canteada en listón de pino mobila, precercos de pino de Flandes y galces y tapajuntas en madera de pino Mobila barniz natural. Hoja lámina formica 2 caras 35 mm. Tapajuntas pino mobila barnizado 50x10 cm.
5. Carpintería formada por hoja pivotante de densidad media 2 tableros de 1 cm cada uno de 40 mm de espesor en puertas interiores de paso, canteada en el mismo material y acabado y lacado color. Hoja DM lacada 40 mm.

6. Carpintería formada por hoja pivotante laminada en formica de 35 mm de espesor, canteada en listón de pino mobila, en puertas interiores de paso. Hoja lam. Formica 2 caras 35 mm.
7. Mampara de madera 7,32 x 2,72 m y un frente de 2,06 x 2,72m a base de zócalo de LHD 7 cm revestido de yeso y pintura al inter. Y de tablero marino 20 mm de rastr. Pino al exterior. Fij. Vidrio, precerco pino y junquillo y tapajuntas de tablero marino. Puertas con hoja de contrachapado marino de 40 mm de espesor, precerco de pino y tapajuntas contrachapado marino. Madera con barniz transparente de poliuretano.
8. Puerta y frente de luna tipo Securit incolora de 10 mm de espesor incluso pernios de giro, cerradura y tiradores de acero inoxidable.
9. Puerta cortafuegos tipo RF-60, hueco libre 80 cm, cerco y junta de material termoexpandente y 48 mm de espesor, chapa de hacer doble pared de 1mm, relleno con aislamiento de roca de doble capa, con dos bisagras especiales, una de ellas soporte regulable de cierre automático, cerradura de gorjas tipo cortafuegos con dos llaves, manillas con alma de acero, recubiertas de plástico resistente al calor y escudos metálicos, con acabado de pintura de resina epoxi en polvo polimerizada al horno, Puerta RF-60 80x210+fijo.

## **F. PINTURAS Y REVOCOS**

1. Revestimiento con pintura plástica lisa sobre paramentos verticales y horizontales exterior/interior yeso o cemento, mano de imprimación selladora. Masilla resina sintética sílices, pintura plástica acrílica.
2. Mortero monocapa pétreo aplicado con llana, realizado con aglomerado de resinas sintéticas y marmolina seleccionada, con lámina de fibra de vidrio tipo Malla-tex modelo 5I/10M ancho 1 m.

## **G. UBANIZACIÓN-JARDINERÍA**

1. Lámina geotextil de 150 gr/m2 colocada bajo acabado de canto rodado en patios.
2. Baldosa hormigón armado fabr. En mold. Pieza de sección trapezoidal o rectangular de hormigón H-200 bruñido en las tres caras vistas, armada con diámetro 10 mm cada 10 cm en ambas direcciones en sus cuatro caras, ejecutada en obra utilizando un molde y después cajeado en la tierra vegetal para su contención.

3. Pavimento de grava formado por canto rodado lavado de río o plata de diámetro mayor a 50 mm de 15 cm de espesor.
4. Aporte de tierra vegetal arenosa, granulometría máx. 2 cm, 10/20% elementos entre 5 y 20 mm.
5. Plantación de césped tipo *Dichondra Repens*, sobre tierra vegetal arenosa.
6. *Washingtonia Robusta* recibida en cepellón escayolado de 4 metros de altura total y 50 cm de diámetro de tronco a 1 m de altura.
7. *Populus Nigra Italica* (chopo negro) en cepellón escayolado de 5 metros de altura total.
8. *Pittosporum Tobira Nana* de altura entre 20 y 30 cm sobre tierra vegetal arenosa, 1 ud/m<sup>2</sup>.

## H. INSTALACIÓN CLIMATIZACIÓN

A continuación se describen las diferentes componentes de la instalación de climatización con sistema tipo aire-agua. Las *Unidades de Tratamiento de Aire (UTA)* y los *fan-coils*, se describen con un código utilizado para identificarlos en los planos de climatización del edificio, que se adjuntan en el **ANEXO A.2. Planos de proyecto del Edificio EPS IV**.

### I. CENTRAL TERMOFRIGORÍFICA

1. **Bomba calor** Carrier 30DQ120 aire-agua. **P<sub>F</sub>: 350 KW**, P<sub>C</sub>: 360 KW, P<sub>abs</sub>: 139,6 KW. Refrigerante R22.
2. **Bomba de calor** Carrier 30DQ60 aire-agua. **P<sub>F</sub>: 147 KW**, P<sub>C</sub>: 146 KW, P<sub>abs</sub>: 54 KW
3. **UTA** Clauafo CHI-30. P<sub>F</sub>: 14,28 KW, caudal aire: 2677 m<sup>3</sup>/h
4. UTA Claudib1 CHI-20. P<sub>F</sub>: 9,05 KW, caudal aire: 2124 m<sup>3</sup>/h
5. UTA Claudib2 CHI-15. P<sub>F</sub>: 8,70 KW, caudal aire: 1436 m<sup>3</sup>/h
6. UTA Claudib5 CHI-30. P<sub>F</sub>: 13,6 KW, caudal aire: 2648 m<sup>3</sup>/h
7. UTA Claudib6 CHI-20. P<sub>F</sub>: 11,15 KW, caudal aire: 2038 m<sup>3</sup>/h
8. UTA ClaugenPB CHI-30. P<sub>F</sub>: 16,30 KW, caudal aire: 2360 m<sup>3</sup>/h

9. UTA ClaugenPS CHI-30.  $P_F$ : 14,30 KW, caudal aire: 1937 m<sup>3</sup>/h
10. UTA Clauinf1 CHI-30.  $P_F$ : 12,39 KW, caudal aire: 1901 m<sup>3</sup>/h
11. UTA Clauinf3 CHI-15.  $P_F$ : 8,70 KW, caudal aire: 1442 m<sup>3</sup>/h
12. UTA Clauinf4 CHI-15.  $P_F$ : 9,27 KW, caudal aire: 1577 m<sup>3</sup>/h
13. UTA Clauinf5 CHI-20.  $P_F$ : 11,25 KW, caudal aire: 1843 m<sup>3</sup>/h
14. UTA Clauinf6 CHI-30.  $P_F$ : 14,60 KW, caudal aire: 2326 m<sup>3</sup>/h
15. UTA Clauinf8 CHI-20.  $P_F$ : 10,50 KW, caudal aire: 1809 m<sup>3</sup>/h
16. UTA Claudinf9 CHI-20.  $P_F$ : 12,08 KW, caudal aire: 2039 m<sup>3</sup>/h
17. UTA CLSLGR CHI-20.  $P_F$ : 10,30 KW, caudal aire: 1495 m<sup>3</sup>/h
18. UTA "Recepción" CHI-10.  $P_F$ : 7,13 KW, caudal aire: 869 m<sup>3</sup>/h
19. **Fan-coil horizontal** Zona Admo. Carrier 42EFXHF con ventilador centrífugo mod. 42E9X18L. 24 Uds.
20. **Fan Coil vertical** despachos Carrier 42EF4SF con ventilador tangencial mod 42E9X14L. 134 Uds.

## II. CANALIZACIONES DE AGUA

1. **Tubería de acero negro.** De diferentes diámetros: DN 6", DN 5", DN 4". Prueba de presión: 80 kg/cm<sup>2</sup>. Acero St 35.8.1
2. Aislamiento para tubería de DN 150, DN 125, agua fría con manta o coquilla de poliuretano de celda cerrada marca Armaflex.
3. Recubrimiento de tubería de acero aislada con coquilla de celda cerrada de poliuretano, mediante chapa de aluminio brillante de 0,6 mm.
4. Depósito horizontal de inercia en circuito de agua fría para necesidades de agua refrigerada, de capacidad 1500 litros, presión de trabajo de 8 Kg/cm<sup>2</sup>, construido en acero negro calorifugado en poliuretano rígido, protección catódica por ánodos "Correx-up".

5. Válvula de esfera, Válvula de retención de doble clapeta oscilante, Válvula de mariposa accionamiento por palanca, Válvula de membrana con cuerpo en hierro fundido y membrana de caucho natural, Válvula de equilibrado.
6. Filtro de agua con chapa perforada de 1 mm y perforaciones de 1,5 mm.
7. Manguito antivibratorio doble onda PN-10.
8. Termómetro de esfera baño en glicerina y vaina de inmersión en acero inoxidable con escala graduada de 0 a 120 °C. Esfera de diámetro 120 mm.

### **III. SEGURIDAD Y EXPANSIÓN**

1. Válvula de seguridad de escape conducido ejecutada en bronce RG-5 marca Hydra serie 1300 temperatura máxima de trabajo 230 °C, cuerpo y tobera en bronce RG-5 obturador en latón MS-8, asiento en PTFE y resorte en acero al carbono, incluso juntas de teflón, tubería de conducción a desagüe en acero negro.
2. Vaso de expansión cerrado de membrana recambiable y cámara de nitrógeno marca Sedical modelo S-200 y S-400, presión máx. trabajo 3 kg/cm<sup>2</sup>. Presión prueba 6 Bar. Temperatura máxima trabajo 80 °C, capacidad 200 y 400 litros, según el modelo respectivamente.

### **IV. VENTILACIÓN Y EXTRACCIÓN**

1. Boca de extracción para aseos oficinas, marca Koolair modelo GPD 010 y 015, dotada de compuerta de anillo fijo y disco de regulación de caudal mediante rotación manual de chapa de acero esmaltada color blanco, aro de montaje de chapa galvanizada.
2. Chapa galvanizada para formación y montaje de conducto rectangular de chapa metálica galvanizada, pintado exteriormente.
3. Conducto circular flexible de aluminio aislado doble capa tipo Aluflex diámetros 127 y 160 mm.
4. Ventilador helicocentrífugo tipo In-line marca S&P modelo TD160/100 tensión 220V, potencia: 0,56 KW, caudal 160 m<sup>3</sup>/h
5. Ventilador helicocentrífugo tipo In-line marca S&P modelo TD1000/250 tensión 220V, potencia: 0,56 KW, caudal 1010 m<sup>3</sup>/h.



6. Extractor centrífugo de cubierta marca Koolair modelo Dynavent-6 y 12 para extracción e servicios, caperuza de protección en acero galvanizado cubriendo todo el conjunto.

## **V. CANALIZACIONES DE AIRE**

1. Conducto rectangular de fibra de vidrio tipo climaver plus de 25 mm de espesor y 60 kg/m<sup>3</sup> mínimo.
2. Conducto circular flexible de aluminio aislado doble capa tipo auflex de diámetros 203, 254, 305 y 354 mm.

## **VI. DIFUSIÓN**

1. Difusor marca Koolair DST-L formado por toberas en placa metálica de dimensiones: 2000x170, 180x170, dispuestas en dos filas formando un difusor lineal para montaje directamente entre placas de falso techo.
2. Tobera modelo Difusair marca Koolair agrupada para formar un conjunto de difusión, construida en material plástico, termoestable y antiestático, montado sobre placa metálica para colocación en falso techo, con cruz de captación y toma de presión interior en difusor.
3. Rejilla de retorno marca Koolair modelo 20-45-H-o tamaño 600x250 mm de aluminio extrusionado, con acabado de pintura epoxi color blanco.
4. Rejilla de toma de aire exterior marca Koolair modelos 25-H-0 dimensiones: 700x500, 200x100, 200x200, 600x400, 600x300, 350x300 mm, para montaje directamente sobre pared, con malla anti-insectos y antipájaros, lamas fijas robustas, con perfiles extruídos de aluminio anodizado, fosfatada y pintada por electro-inmersión en color.
5. Rejillas de impulsión y retorno para colocación en mueble de fan-coil
6. Caja de caudal constante hasta 385 m<sup>3</sup>/h, marca Schako modelo VRM diámetro 100 mm, equipada con amortiguador cilíndrico exterior para absorción de vibraciones.
7. Caja de caudal constante hasta 580 m<sup>3</sup>/h, marca Schako modelo VRM diámetro 125 mm, equipada con amortiguador cilíndrico exterior para absorción de vibraciones.
8. Caja de caudal constante hasta 952 m<sup>3</sup>/h, marca Schako modelo VRM diámetro 160 mm, equipada con amortiguador cilíndrico exterior para absorción de vibraciones.

9. Sonda temperatura cambio de régimen invierno/verano marca LandisStaefa modelo QA H86.3+ARG86.3.
10. Regulador de temperatura Landis-staefa modelo RCE86.21.
11. Interruptor de flujo marca Honeywell modelo FS4-3J.
12. Válvula motorizada de tres vías marca Landis & GYR, modelo SQS81VXG44.20 (6.3R), PN16, con racores de acoplamiento de  $\frac{3}{4}$ ". 6,3 m<sup>3</sup>/h.
13. Válvula motorizada de tres vías marca Landis & GYR, modelo SQS81VXG44.20 (6.3R), PN16, con racores de acoplamiento de  $\frac{1}{2}$ ". 6,3 m<sup>3</sup>/h.
14. Regulador electrónico de ambiente Landis-Staefa modelo RCT21.02 gama 5-35 °C con indicación de funcionamiento, actuaciones temporizadas, interruptor de ventana, dos tubos y tres velocidades de ventilador.

## ANEXO A.2. PLANOS DE PROYECTO DEL EDIFICIO EPS IV

Se extrae del proyecto del edificio de la Escuela Politécnica Superior IV de Alicante los planos de distribución por plantas del edificio actuales de Enero de 2014, los planos de la instalación de iluminación y climatización del proyecto original del edificio, escaneados, con edición de imagen y escalado indefinido para su presentación dentro de los márgenes, todos ellos proporcionados a través de la Oficina Técnica del Servicio de Infraestructuras de la Universidad de Alicante.

Los planos de distribución se han utilizado para nombrar e identificar cada uno de las aulas del edificio, y además contabilizar el aforo de cada espacio para el estudio de ocupación de las aulas entre los años 2012-2014. Por otra parte, en *sección constructiva* se aprecian detalles que no coinciden exactamente con la realidad construida, como es el grosor de cámara de aire, aislamiento térmico, ventanas de muro cortina, etc. aunque los tipos de materiales constructivos empleados se mantienen.

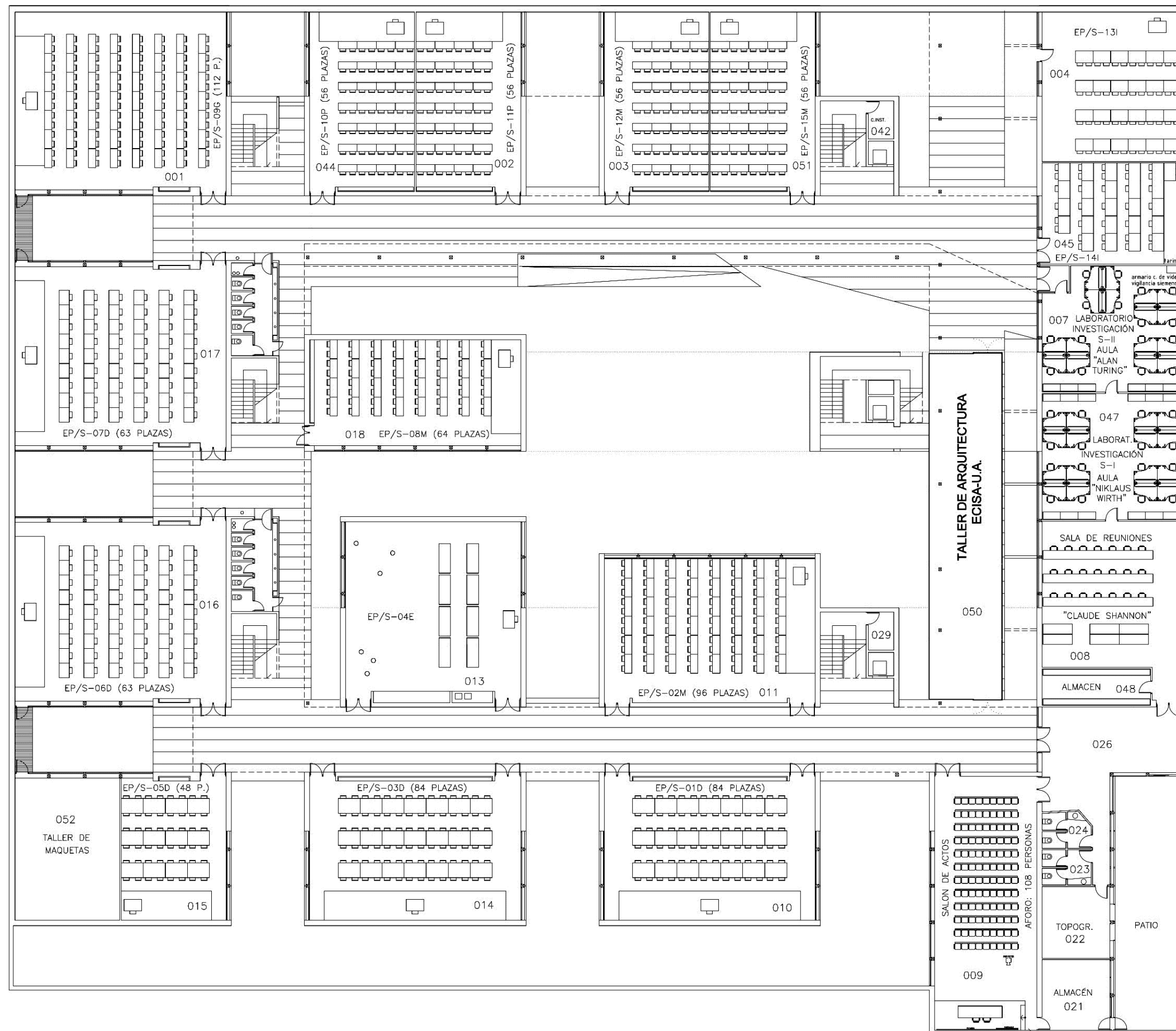
Los *planos de climatización* no coinciden con la realidad construida, aunque la instalación es muy similar. Se aprecia especialmente en los difusores de las aulas y los tipos de fan-coil de los despachos, pues actualmente todo el edificio dispone de fan-coils y rejilla de impulsión horizontal bajo el falso techo del muro de acceso a los espacios del edificio. Por otro lado, las bombas de calor existentes duplican las definidas en proyecto y además están situadas sobre la cubierta de los tres módulos de los despachos del edificio, en vez de situarse sobre la cubierta de los aseos de planta baja.

Aunque los modelos y/o fabricantes de los equipos de climatización indicados en los planos no son los ejecutados, han sido de valiosa utilidad para identificar las potencias y caudales descritos en el presupuesto de proyecto del edificio, su correspondiente ubicación por aulas y conexión de los diferentes circuitos hidráulicos del edificio.

Los *planos de iluminación* están desactualizados porque muestran la instalación de iluminación correspondiente a la distribución interior del edificio según el proyecto original, y posteriormente se han creado nuevos espacios, salas de investigación, sala de trabajo como el taller de arquitectura de sótano, sala de maquetación, almacenes varios y otros; por lo tanto, los planos de iluminación no han sido de utilidad, sino de mera comprobación, porque se ha realizado la medición con luxómetro de la eficiencia en iluminación de las luminarias y su contabilidad en todo el edificio, necesario para el estudio de consumos eléctricos en iluminación del edificio.

ANEXO A. TOMA DE DATOS DE REFERENCIA DEL PROYECTO ORIGINAL DEL EDIFICIO

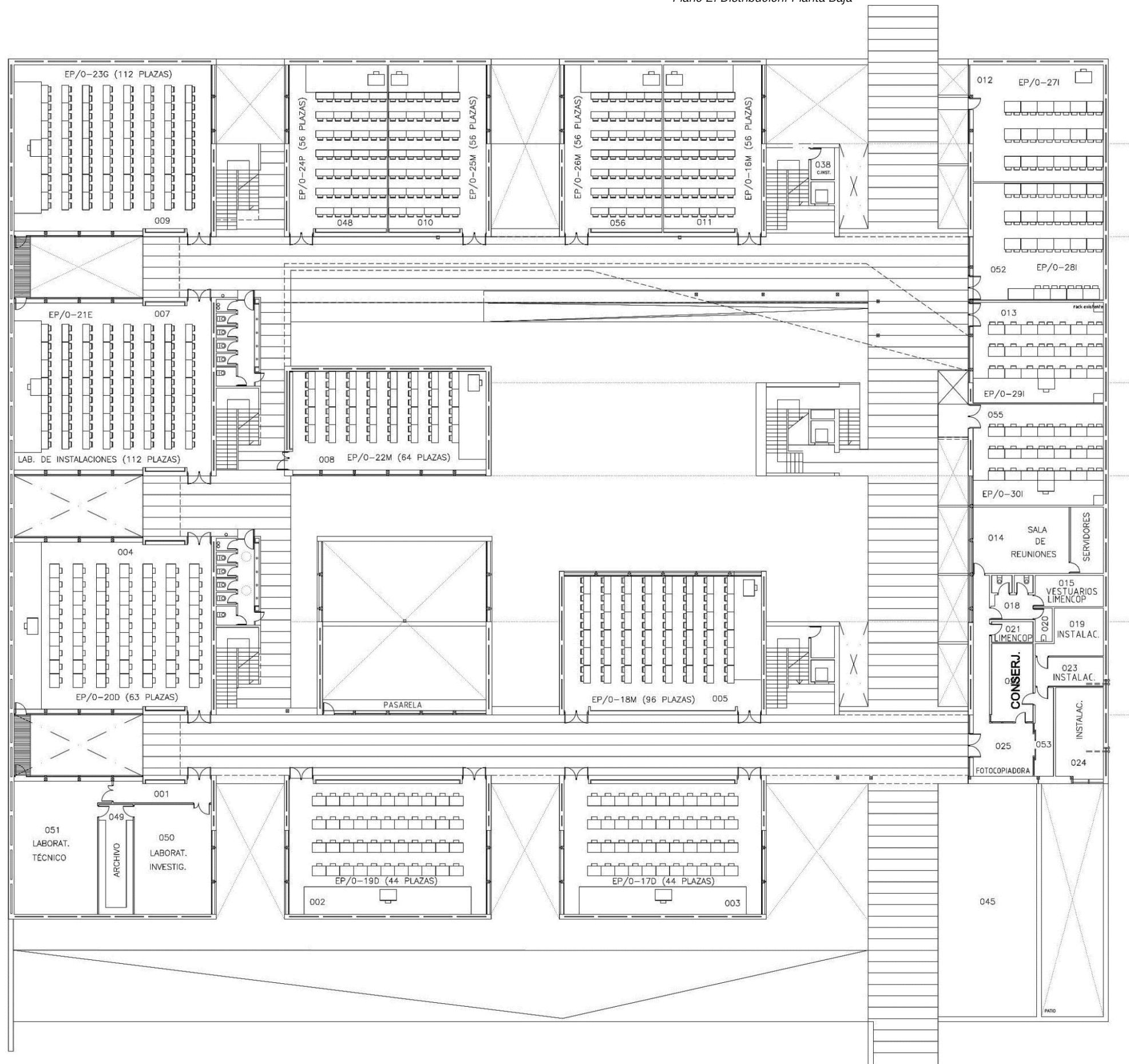
Plano 1. Distribución. Planta Sótano



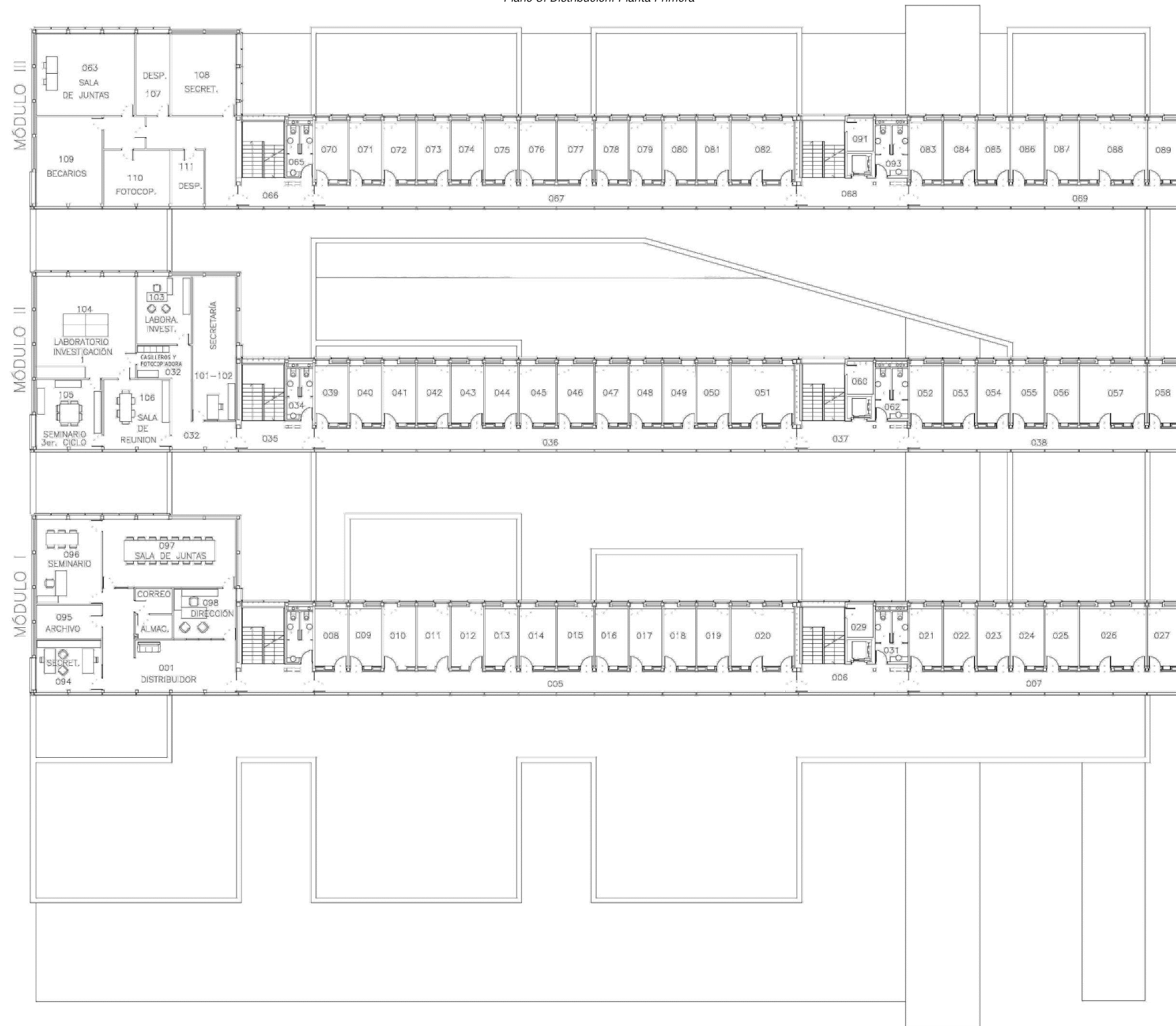


ANEXO A. TOMA DE DATOS DE REFERENCIA DEL PROYECTO ORIGINAL DEL EDIFICIO

Plano 2. Distribución. Planta Baja

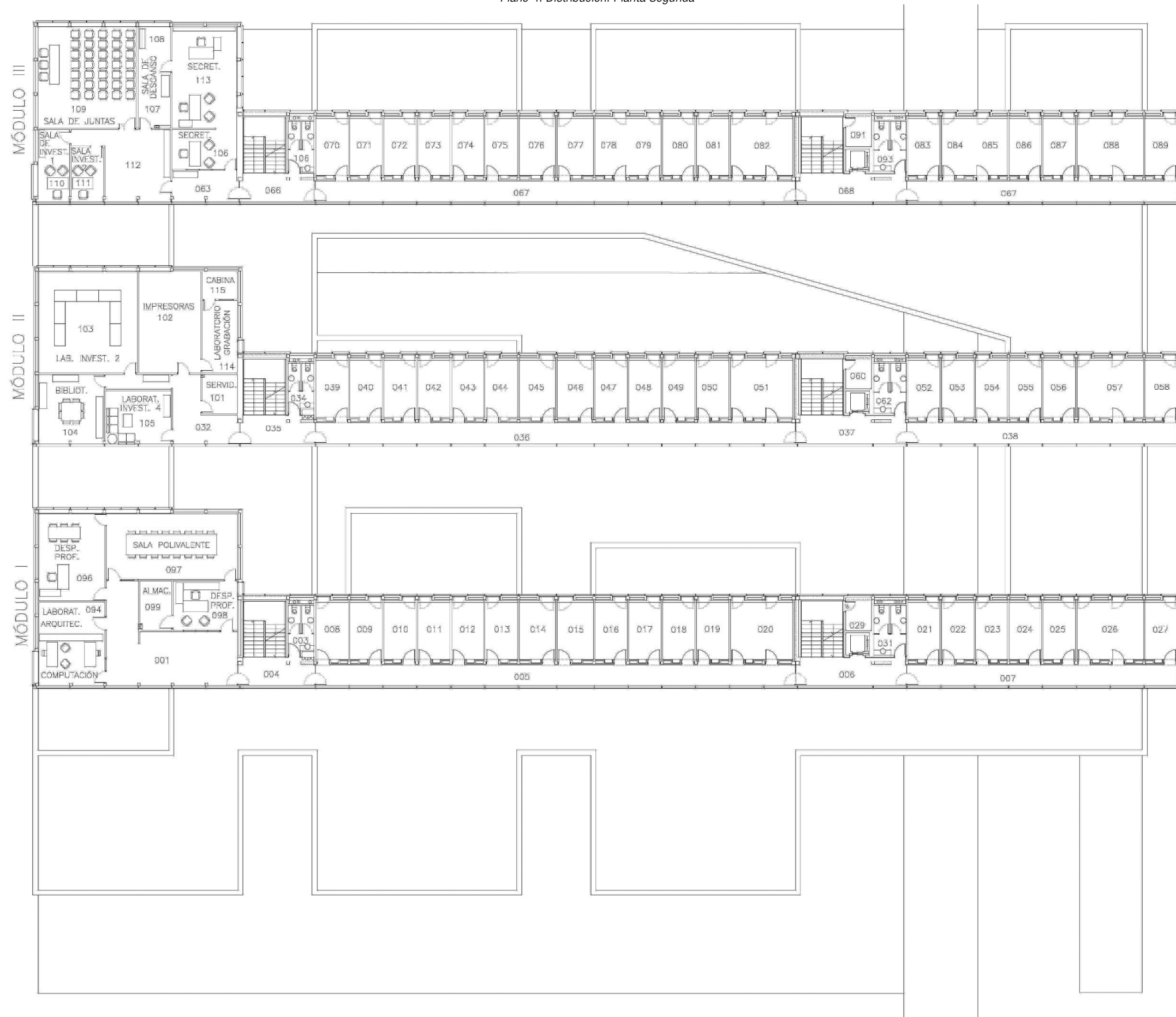


Plano 3. Distribución. Planta Primera



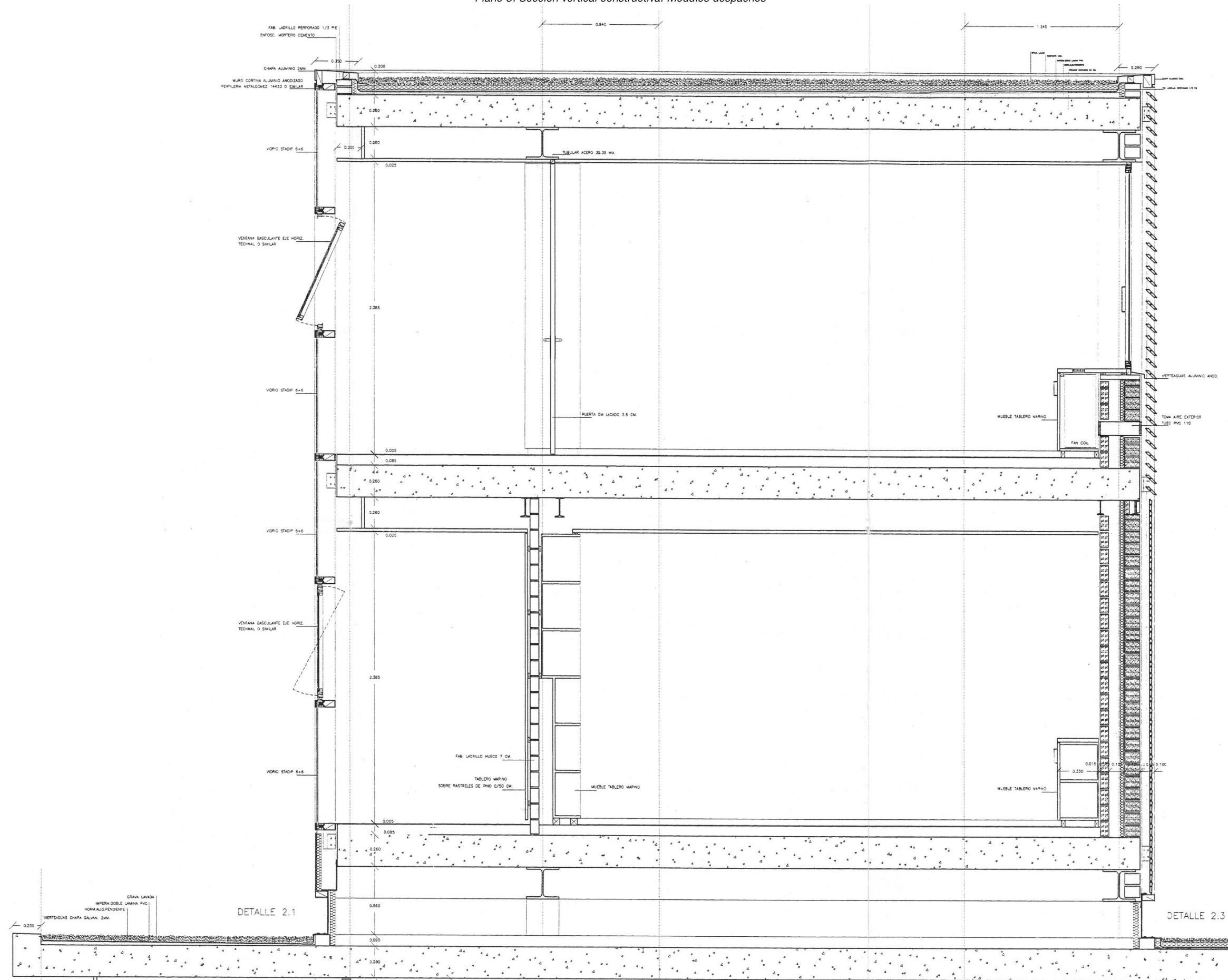


Plano 4. Distribución. Planta Segunda



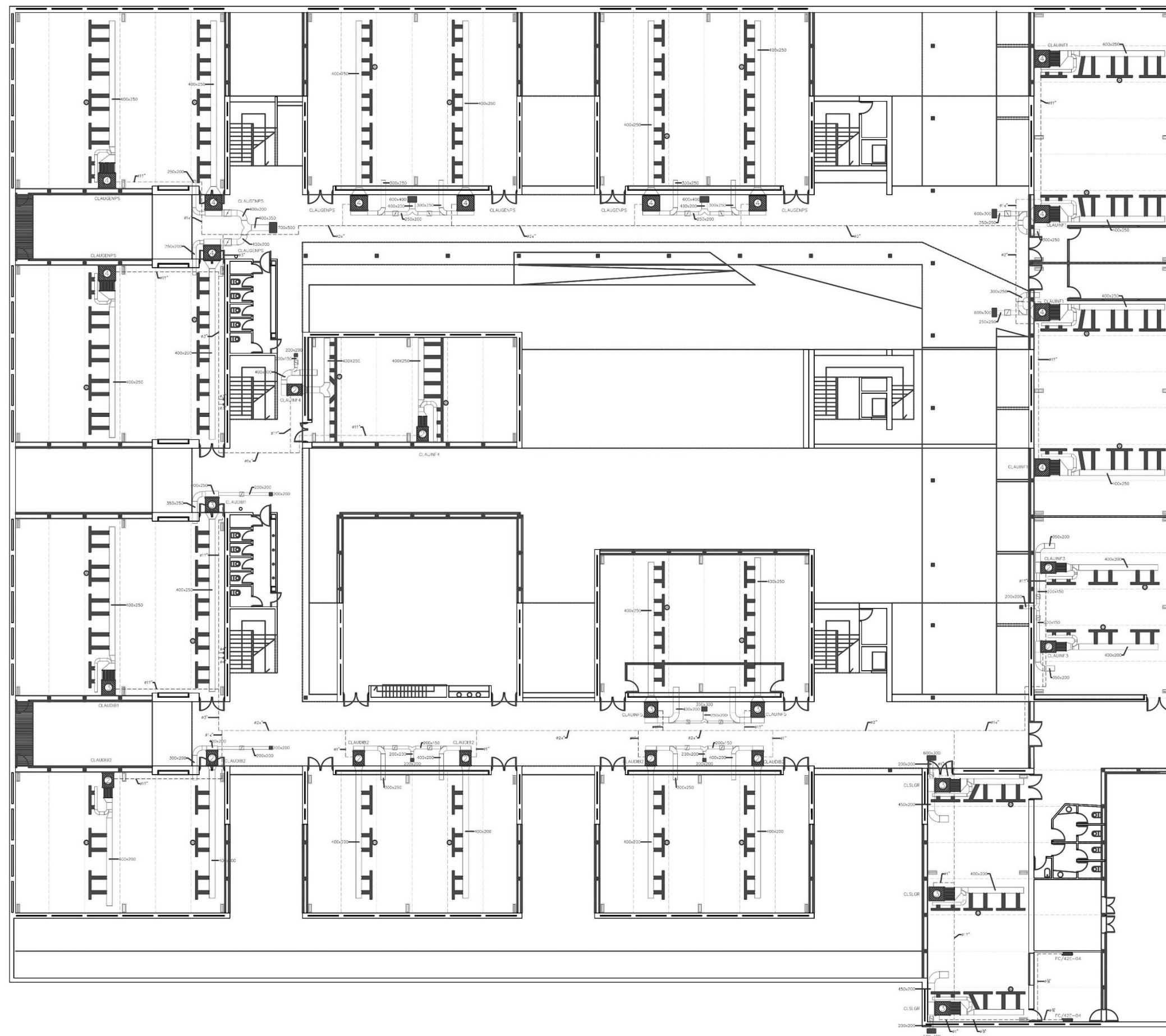


Plano 5. Sección vertical constructiva. Módulos despachos



ANEXO A. TOMA DE DATOS DE REFERENCIA DEL PROYECTO ORIGINAL DEL EDIFICIO

Plano 6. Climatización. Planta Sótano



MODELO	DESCRIPCION	CANTIDAD
CHI-30	CLAUINB5	2
CHI-20	CLAUINB6	6
CHI-30	CLAUINB7	2
CHI-20	CLAUINB8	2
CHI-10	CLAUINB9	2
CHI-20	CLAUINB10	2
CHI-15	CLAUINB11	6
CHI-20	CLAUINB12	2
CHI-15	CLAUINB13	2
CHI-20	CLAUINB14	3
CHI-30	CLAUINB15	1
CHI-30	CLAUINB16	8
CHI-15	CLAUINB17	2
CHI-20	CLAUINB18	2
CHI-30	CLAUINB19	4
CHI-30	CLAUINB20	4

**LEYENDA**

- CONJUNTO TUBERIAS ACERO NEGRO SIN SOLDADURA; IMPULSION-RETORNO AGUA
- CLIMATIZADOR mod. CHI-10
- CLIMATIZADOR mod. CHI-15
- CLIMATIZADOR mod. CHI-20
- CLIMATIZADOR mod. CHI-30
- SILENCIADOR CLIMATIZADORES
- DIFUSOR LINEAL 1800x145 mm.
- DIFUSOR LINEAL 2000x145 mm.
- CONDUCTO FLEXIBLE Ø150 mm.
- REGULADOR CAUDAL AIRE EXTERIOR
- REJILLA RETORNO DE AIRE POR FALSO TECHO 650x250 mm.
- REJILLA TOVA DE AIRE EXTERIOR CLIMATIZADORES

NOTA: LA UBICACION REAL DE LOS ELEMENTOS DE LA INSTALACION DE CLIMATIZACION EN LA RETICULA DE TECHO SE DEBERA CONSULTAR CON LOS CORRESPONDIENTES PLANOS DEL PROYECTO DE ARQUITECTURA.

**POLITECNICO IV**

PROYECTO BASICO Y DE EJECUCION DE IV EDIFICIO ESCUELA POLITÉCNICA  
PROMOTOR: UNIVERSIDAD DE ALICANTE

PLANO PLANTA SOTANOCALORIFICACION Y RED DISTRIBUCION DE AGUA

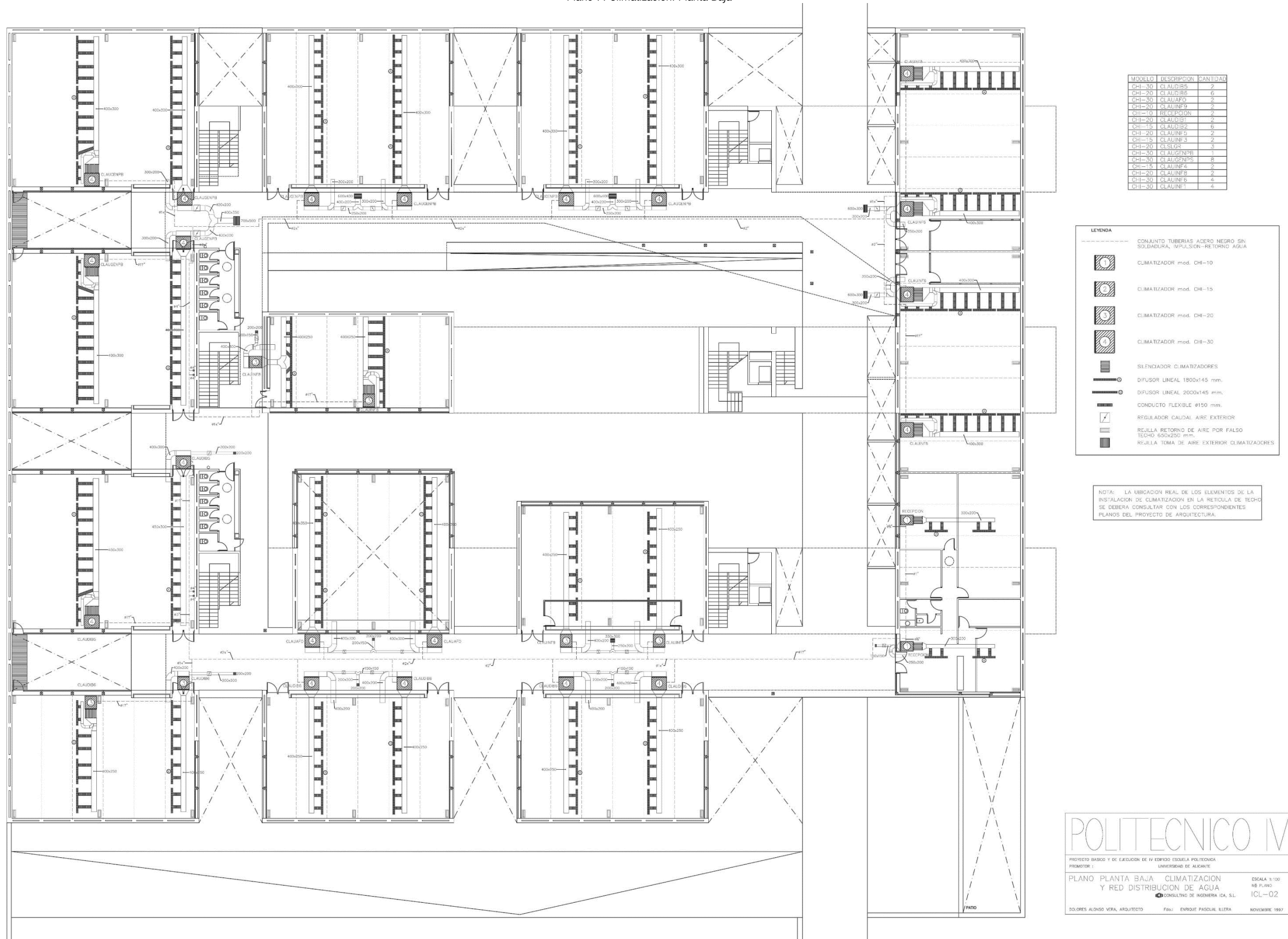
ESCALA 1:100  
Nº PLANO: ICL-01

DOLORES ALONSO VERA, ARQUITECTO      FÉLIX EMPIQUE PASQUAL LLERA      NOVIEMBRE 1997



ANEXO A. TOMA DE DATOS DE REFERENCIA DEL PROYECTO ORIGINAL DEL EDIFICIO

Plano 7. Climatización. Planta Baja



ANEXO A. TOMA DE DATOS DE REFERENCIA DEL PROYECTO ORIGINAL DEL EDIFICIO

Plano 8. Climatización. Planta Primera y Segunda



LEYENDA	
	TUBERIA ACERO NEGRO SIN SOLDADURA IMPULSION AGUA
	TUBERIA ACERO NEGRO SIN SOLDADURA RETORNO AGUA
	FAN-COIL mod. 42E-04 (UBICADO EN PAREDES)
	FAN-COIL mod. 42E-12 (UBICADO EN TECHO)

NOTA: LA UBICACION REAL DE LOS ELEMENTOS DE LA INSTALACION DE CLIMATIZACION EN LA RETICULA DE TECHO SE DEBERA CONSULTAR CON LOS CORRESPONDIENTES PLANOS DEL PROYECTO DE ARQUITECTURA.

POLITECNICO IV

PROYECTO BASICO Y DE EJECUCION DE IV EDIFICIO ESCUELA POLITECNICA  
PROMOTOR : UNIVERSIDAD DE ALICANTE

PLANO PLANTA SEGUNDA CLIMATIZACION  
Y RED DISTRIBUCION DE AGUA

CONSULTING DE INGENIERIA ICA, S.L.

DOLORES ALONSO VERA, ARQUITECTO Fdo.: ENRIQUE PASCUAL ILLERA

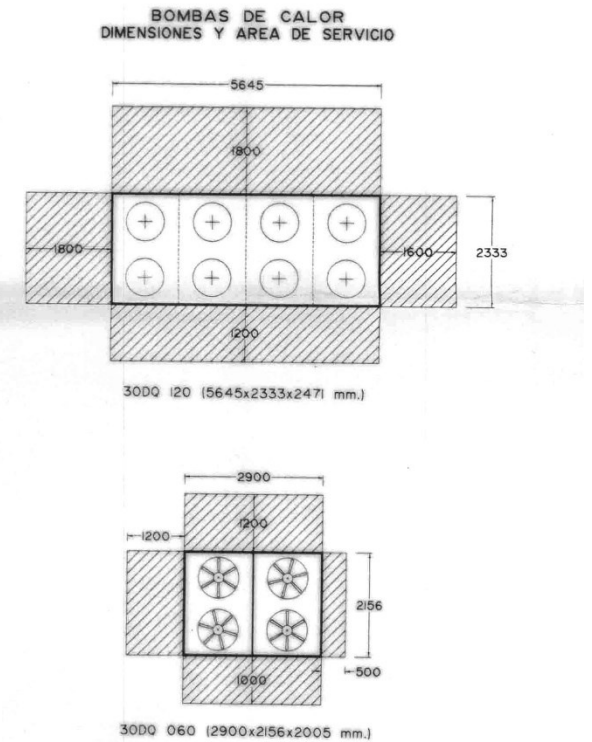
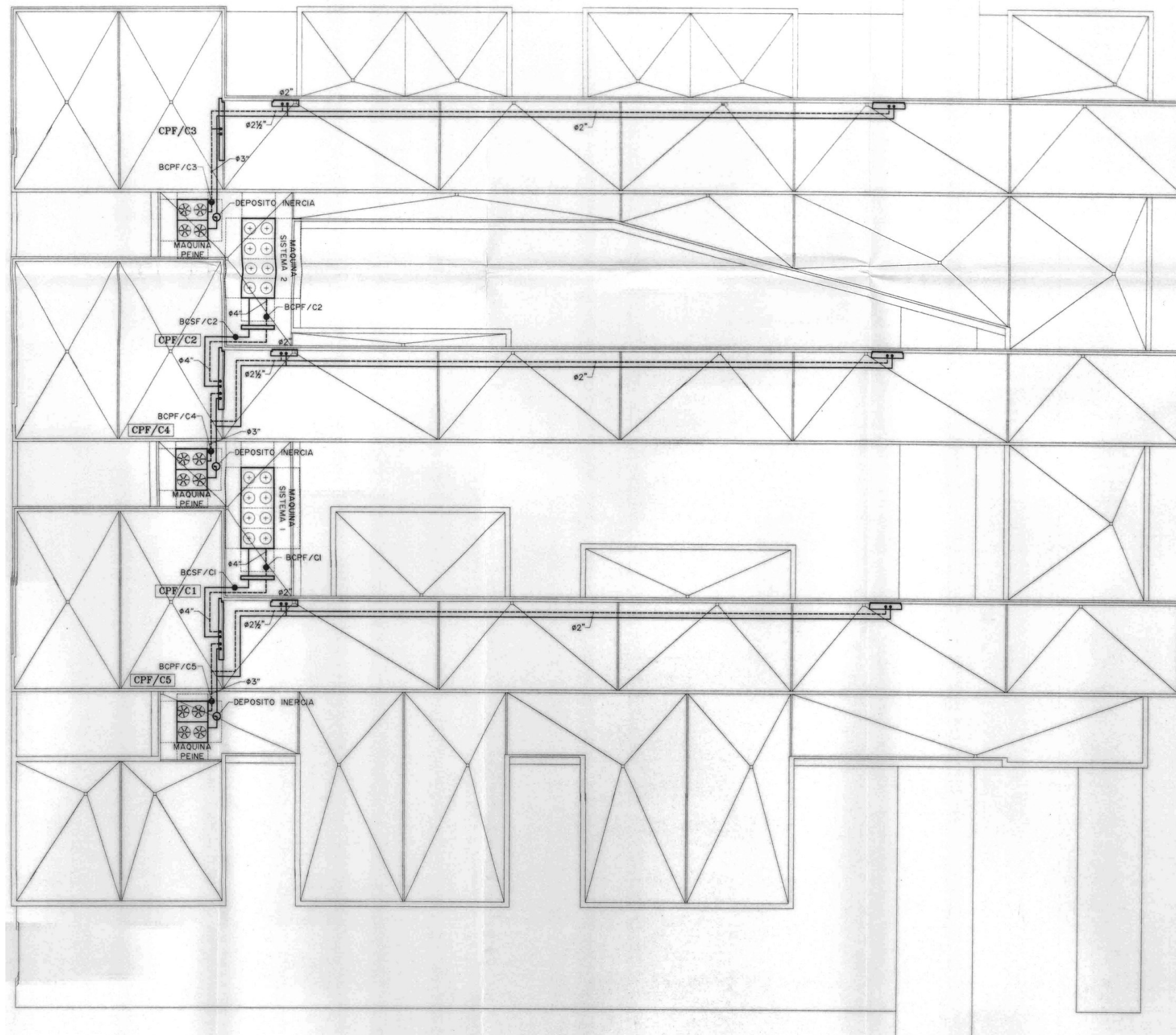
NOVIEMBRE 1997

ESCALA 1:200  
Nº PLANO:  
ICL-04



ANEXO A. TOMA DE DATOS DE REFERENCIA DEL PROYECTO ORIGINAL DEL EDIFICIO

Plano 9. Climatización. Cubierta

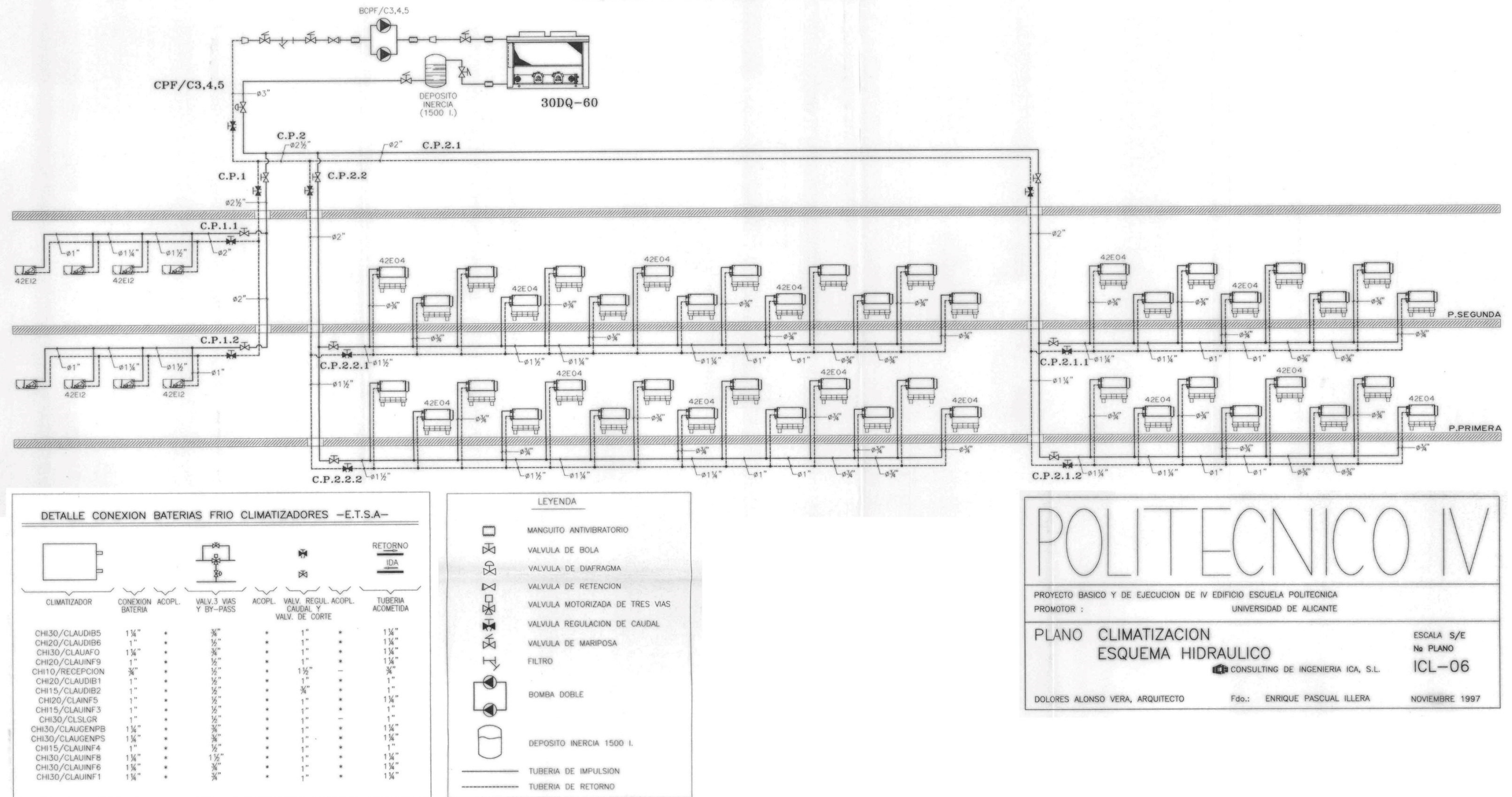


LEYENDA	
	TUBERIA ACERO NEGRO SIN SOLDADURA IMPULSION AGUA
	TUBERIA ACERO NEGRO SIN SOLDADURA IMPULSION AGUA

<b>POLITECNICO IV</b>		
PROYECTO BASICO Y DE EJECUCION DE IV EDIFICIO ESCUELA POLITECNICA		
PROMOTOR :	UNIVERSIDAD DE ALICANTE	
PLANO PLANTA CUBIERTA		ESCALA 1:200
UBICACION MAQUINARIA CLIMATIZACION		Nº PLANO
CONSULTING DE INGENIERIA ICA, S.L.		ICL-05
DOLORES ALONSO VERA, ARQUITECTO	Fdo.: ENRIQUE PASCUAL ILLERA	NOVIEMBRE 1997

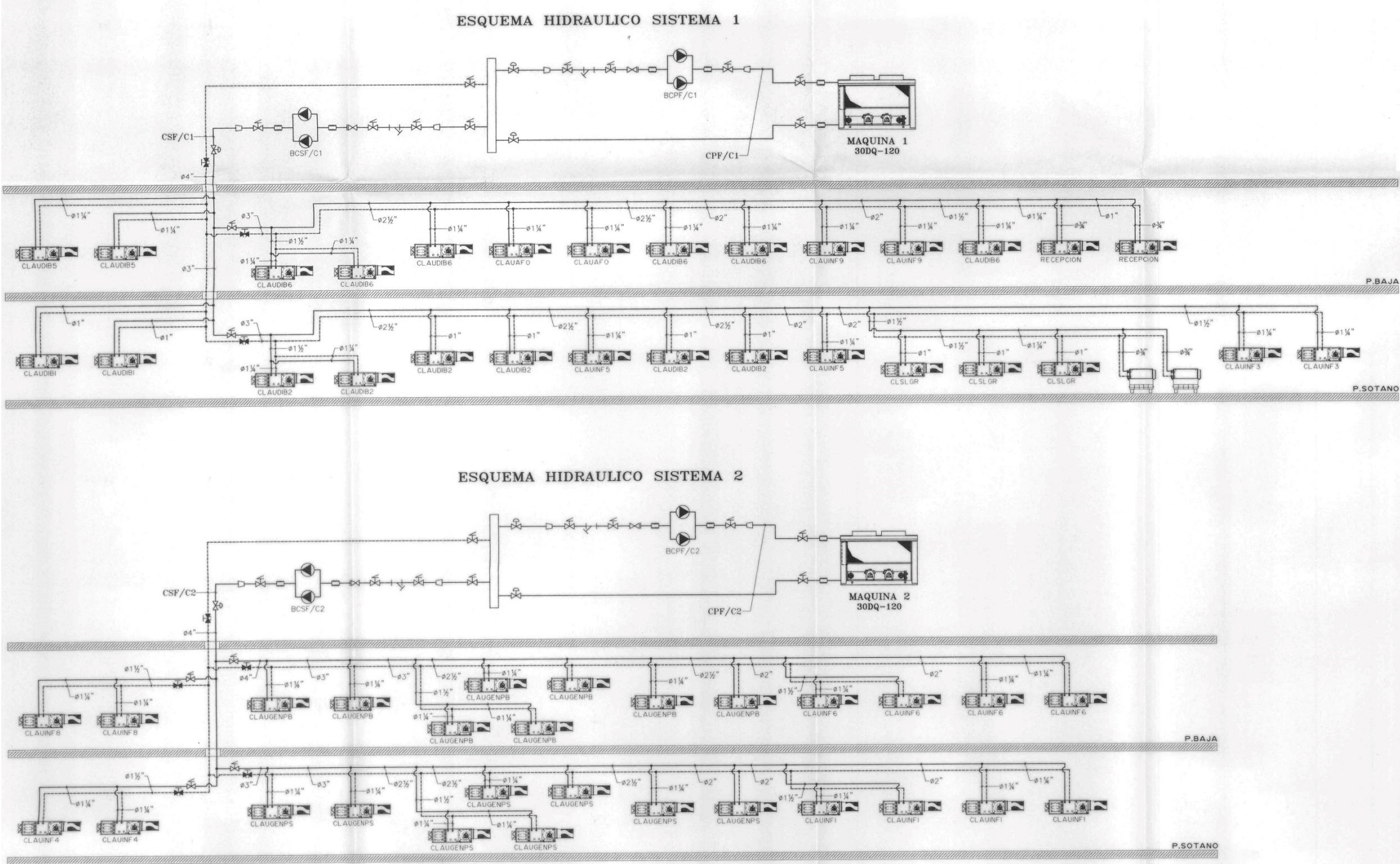


Plano 10. Climatización. Esquema hidráulico despachos Módulos  
**ESQUEMA HIDRAULICO EN PEINES**





Plano 11. Climatización. Esquema hidráulico aulas



DETALLE CONEXION BATERIAS FRIO CLIMATIZADORES -E.T.S.A-

CLIMATIZADOR	CONEXION BATERIA	ACOPL	VALV. 3 VAS Y BY-PASS	ACOPL	VALV. REGUL. CAUDAL Y VALV. DE CORRE	TUBERIA ACOMETIDA
CH130/CLAUDIB5	1 1/2"	*	3/8"	*	1"	1 1/2"
CH120/CLAUDIB6	1"	*	3/8"	*	1"	1 1/2"
CH130/CLAUAF0	1 1/2"	*	3/8"	*	1"	1 1/2"
CH120/CLAUINF9	1"	*	3/8"	*	1"	1 1/2"
CH110/RECEPCION	3/4"	*	3/8"	*	1 1/2"	3/4"
CH120/CLAUDIB1	1"	*	3/8"	*	1"	1"
CH115/CLAUDIB2	1"	*	3/8"	*	3/8"	1"
CH120/CLAUF5	1"	*	3/8"	*	1"	1 1/2"
CH115/CLAUF3	1"	*	3/8"	*	1"	1"
CH130/CLSLGR	1"	*	3/8"	*	1"	-
CH130/CLAUGENPB	1 1/2"	*	3/8"	*	1"	1 1/2"
CH130/CLAUGENPS	1 1/2"	*	3/8"	*	1"	1 1/2"
CH115/CLAUF4	1"	*	3/8"	*	1"	1"
CH130/CLAUF8	1 1/2"	*	3/8"	*	1"	1 1/2"
CH130/CLAUF6	1 1/2"	*	3/8"	*	1"	1 1/2"
CH130/CLAUF1	1 1/2"	*	3/8"	*	1"	1 1/2"

LEYENDA

	MANGUITO ANTIVIBRATORIO
	VALVULA DE BOLA
	VALVULA DE DIAFRAGMA
	VALVULA DE RETENCION
	VALVULA MOTORIZADA DE TRES VAS
	VALVULA REGULACION DE CAUDAL
	VALVULA DE MARIPOSA
	FILTRO
	BOMBA DOBLE
	DEPOSITO INERCIA 1500 L
	TUBERIA DE IMPULSION
	TUBERIA DE RETORNO

**POLITECNICO IV**

PROYECTO BASICO Y DE EJECUCION DE IV EDIFICIO ESCUELA POLITECNICA  
PROMOTOR : UNIVERSIDAD DE ALICANTE

**PLANO CLIMATIZACION  
ESQUEMA HIDRAULICO**

CONSULTING DE INGENIERIA ICA, S.L.

DOLores ALONSO VERA, ARQUITECTO Fdo.: ENRIQUE PASCUAL ILLERA

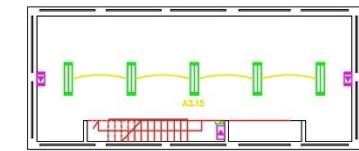
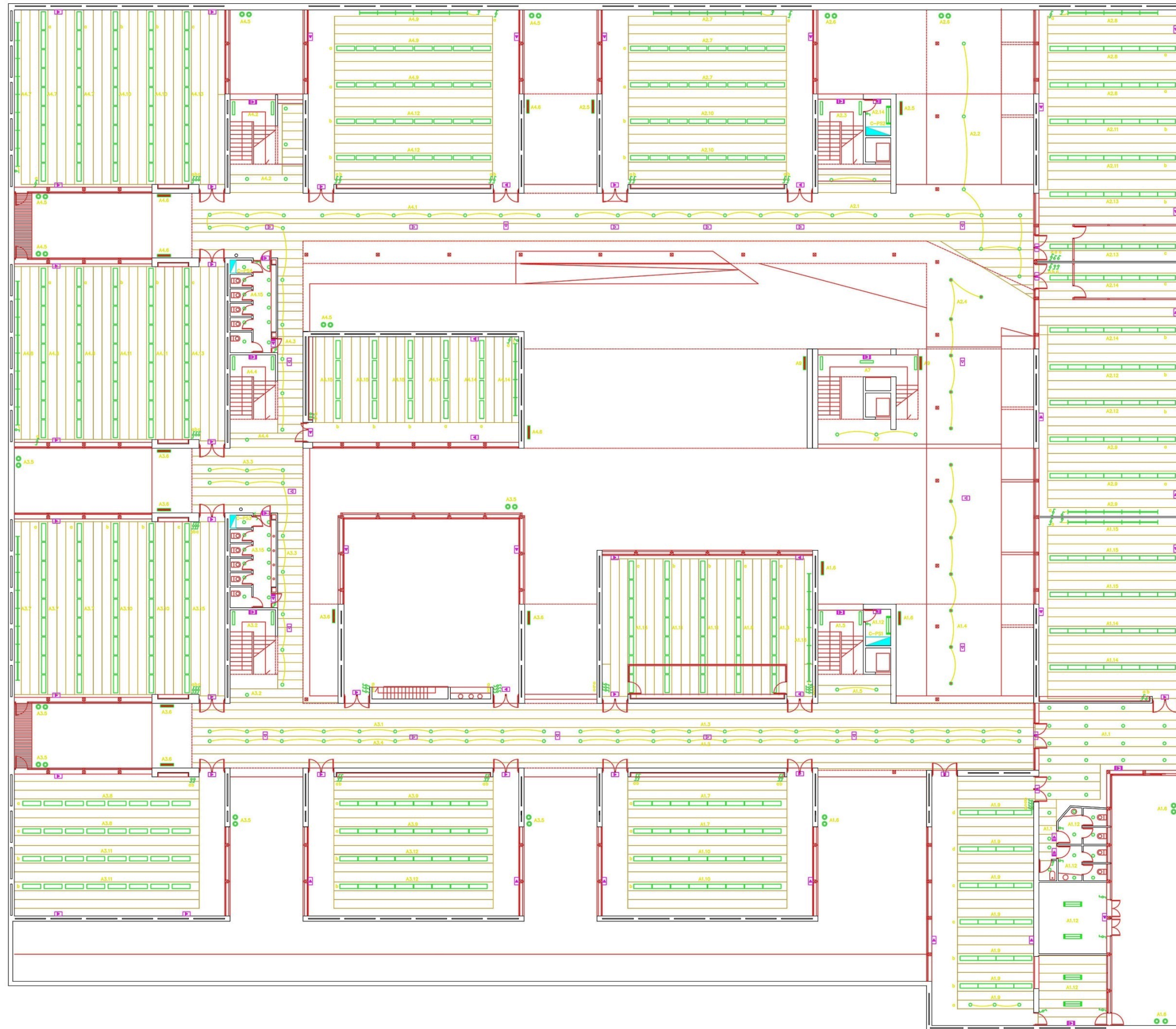
ESCALA 5/E  
No PLANO  
ICL-06

NOVIEMBRE 1997



ANEXO A. TOMA DE DATOS DE REFERENCIA DEL PROYECTO ORIGINAL DEL EDIFICIO

Plano 12. Iluminación. Planta Sótano



- LEYENDA
- LUMINARIA 2x36W LINEA CONTINUA TIPO "A"
  - LUMINARIA 1x36W TIPO "B"
  - PANTALLA ESTANCA 2x36W TIPO "C"
  - LUMINARIA 1x36W ASIMETRICA TIPO "D"
  - LUMINARIA 1x58W TIPO "E"
  - APLIQUE PARED 18W TIPO "F"
  - APLIQUE EXTERIOR 50W TIPO "G"
  - DOWNLIGHTS EMPOTRADO 26W TIPO "H"
  - DOWNLIGHTS SUPERFICIE 26W TIPO "I"
  - BALIZA EXTERIOR 50W TIPO "J"
  - INTERRUPTOR UNIPOLAR
  - COMUTADOR UNIPOLAR
  - INTERRUPTOR UNIPOLAR ESTANCO

- LEYENDA
- APARATO AUTONOMO EMERGENCIA DE 333lum "TIPO EA"
  - APARATO AUTONOMO EMERGENCIA DE 258lum "TIPO EB"
  - APARATO AUTONOMO EMERGENCIA DE 142lum "TIPO EC"
  - APARATO AUTONOMO EMERGENCIA DE 40lum "TIPO ED"

NOTA: PARA LA UBICACION REAL DE LAS LUMINARIAS DE LA INSTALACION DE BAJA TENSION EN LA RETICULA DE TECHO SE DEBERA CONSULTAR CON LOS CORRESPONDIENTES PLANOS DEL PROYECTO DE ARQUITECTURA.

**POLITECNICO IV**

PROYECTO BASICO Y DE EJECUCION DE IV EDIFICIO ESCUELA POLITECNICA  
PROMOTOR : UNIVERSIDAD DE ALICANTE

PLANO PLANTA SOTANO  
ALUMBRADO

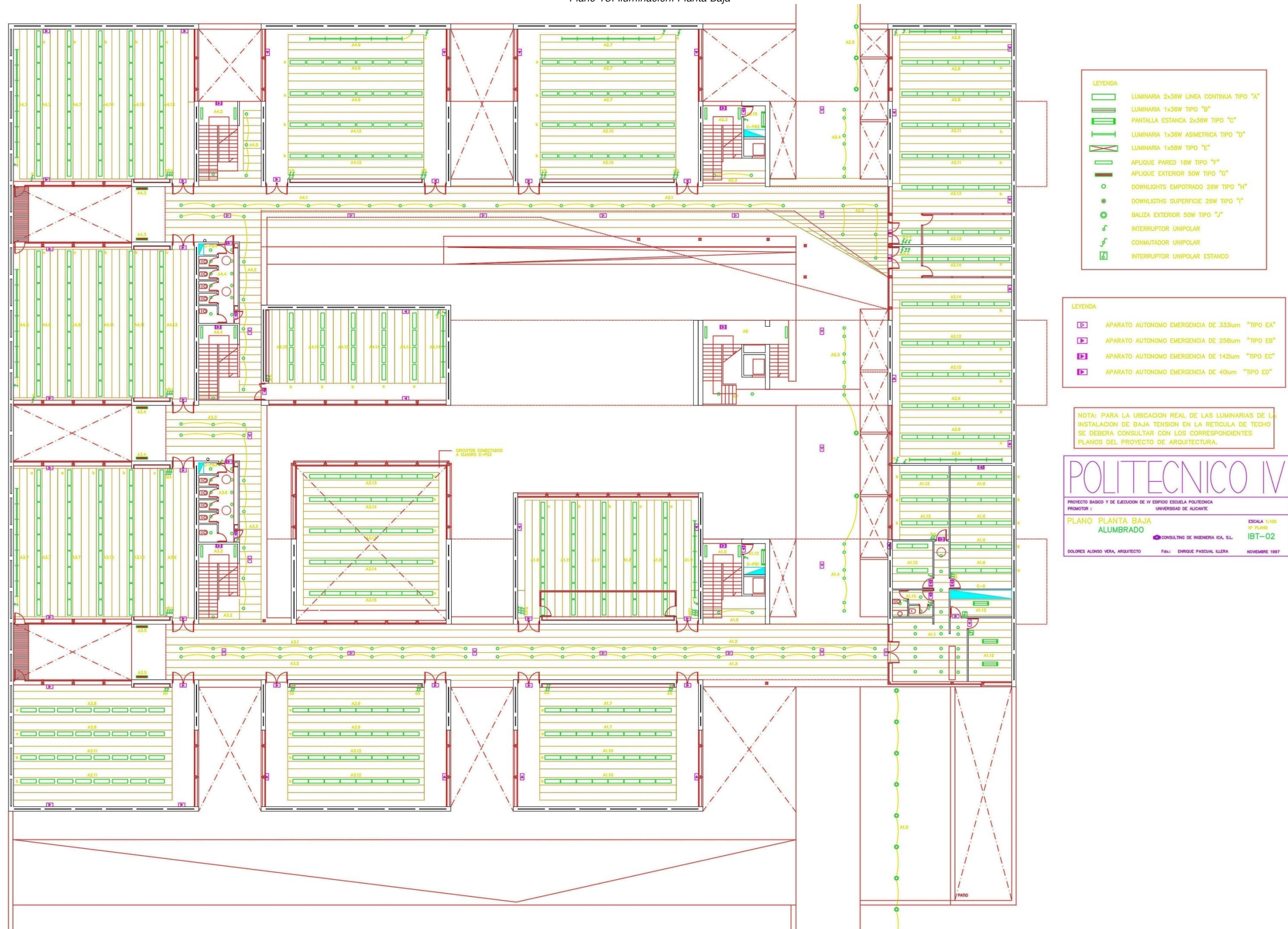
ESCALA 1:100  
IB PLANO  
IBT-01

CONSULTING DE INGENIERIA ICA, S.L.

DOLORES ALONSO VERA, ARQUITECTO Fdo.: ENRIQUE PASQUAL ILLERA NOVIEMBRE 1997

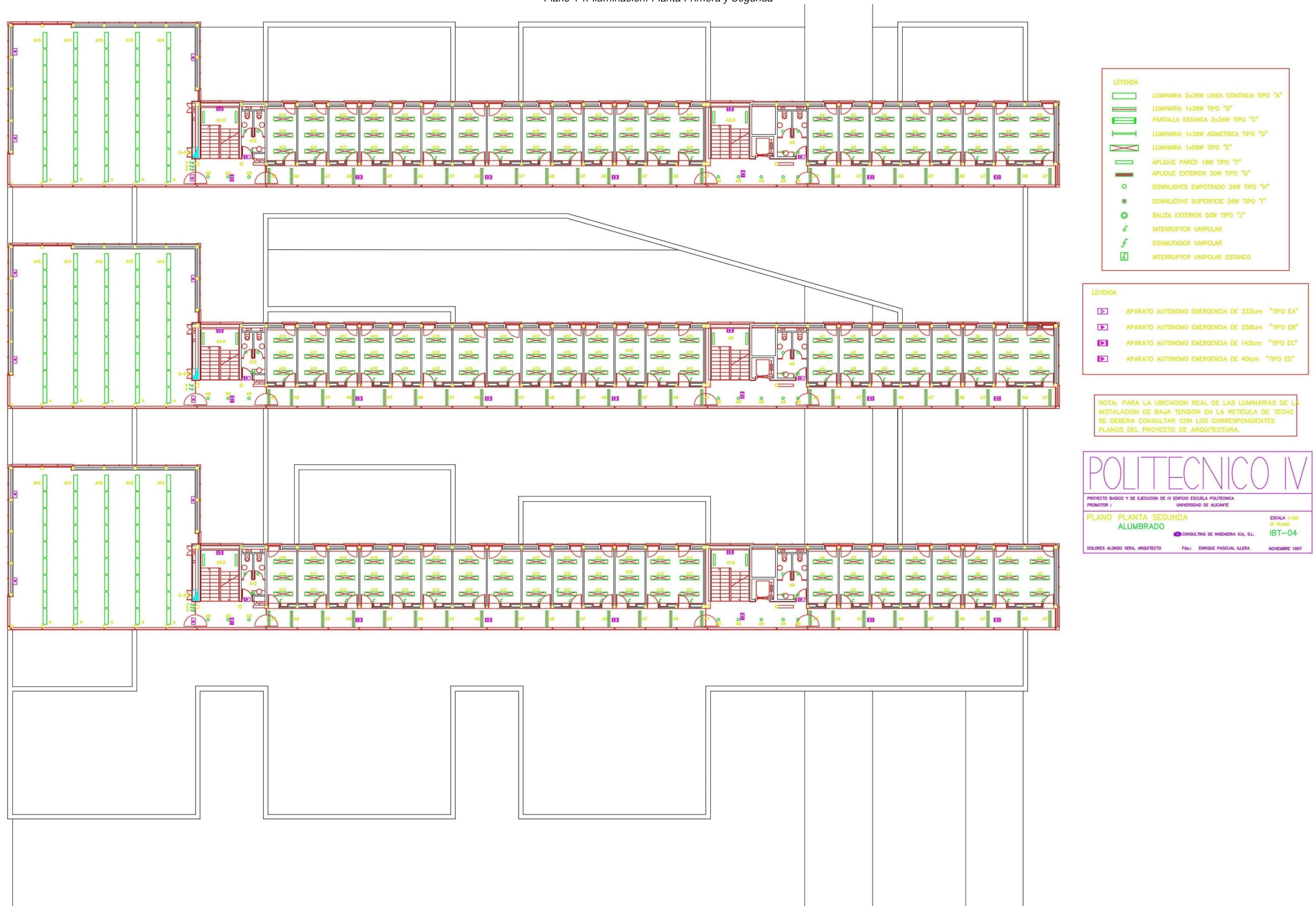


Plano 13. Iluminación. Planta Baja





Plano 14. Iluminación. Planta Primera y Segunda



## ANEXO A.3. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS INSTALACIONES CLIMATIZACIÓN

Figura 31. Características técnicas de los fan-coil de aulas y despachos

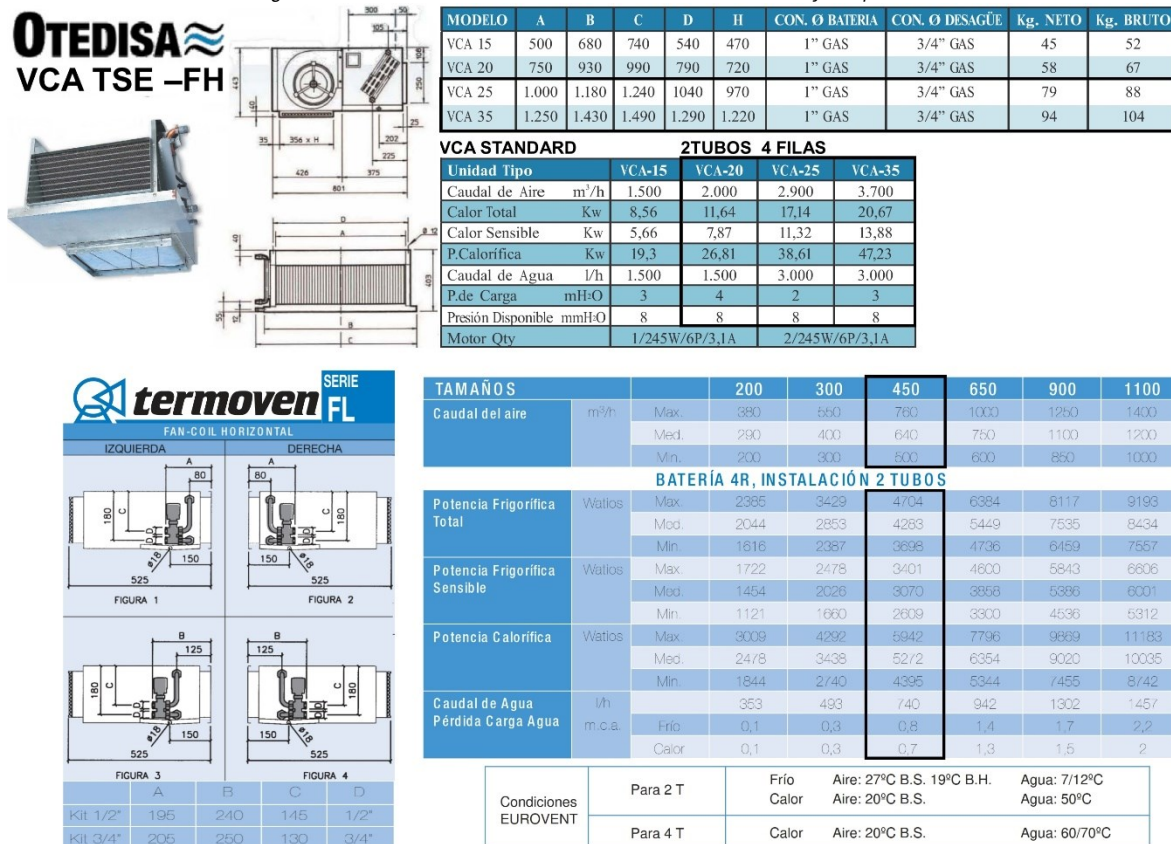
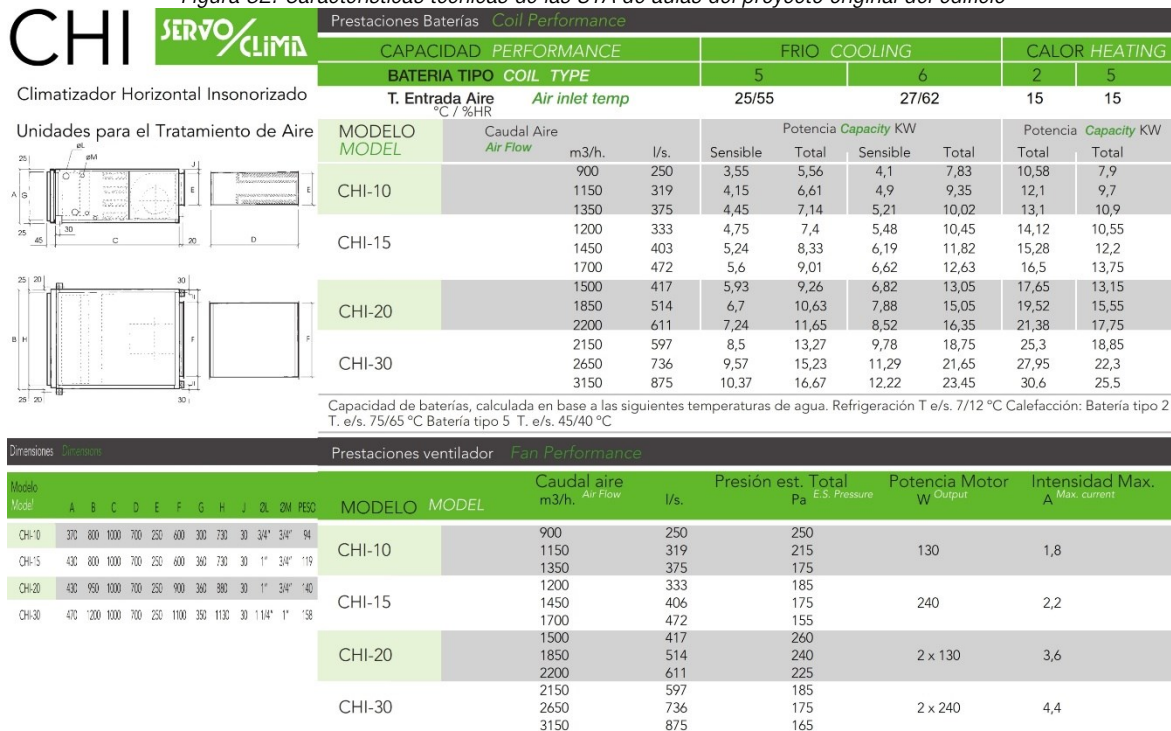


Figura 32. Características técnicas de las UTA de aulas del proyecto original del edificio



Fuente: lista de maquinaria de climatización proporcionada por el servicio de mantenimiento de la Oficina Técnica de la Universidad de Alicante y extraído del catálogo de las empresas climatizadoras



Figura 33. Características técnicas de las bombas de calor aire-agua del edificio



## Aquastream Air-Cooled Water Chiller With Heat Pump Option

CXAH/CGAH 040-150 (R407C)  
106~380kW



Model			CGAH/CXAH040	CGAH/CXAH050	CGAH/CXAH060	CGAH/CXAH080	CGAH/CXAH120	CGAH/CXAH150
Cooling Only Unit	Cooling capacity	kW	106	132	158	208	300	380
	Power input	kW	39.8	46.4	54.6	77.8	110	140
Heat Pump Unit	Cooling/Heating capacity	kW	100/108	125/133	156/159	208/210	300/310	380/410
	Power input	kW	36.2	46.4	54.6	76.2	120	150
Main Power supply			415V-3Ph-50Hz					
Compressor			High efficiency hermetic scroll compressor					
Number of circuit A		unit	1	2	2	2	3	3
Number of circuit B		unit	1	2	2	2	3	3
Capacity steps			2	4	4	4	4	4
Minimum capacity		%	50	25	25	25	33.3	33.3
Refrigerant			R407C					
Charge of circuit A		kg	16.5	24	24	24	65/80	70/85
Charge of circuit B		kg	16.5	24	24	24	65/80	70/85
Controller			SMM intelligent control					
Air Side Heat Exchanger			Copper tube / Aluminium fins					
Fan type			Axial					
Fan motor power input		kW	0.9	0.9	0.9	0.9	1.3	1.3
Number of fan		unit	4	6	6	6	8	8
Total air flow		l/s	10552	15828	15828	15828	33300	33300
Motor RPM		rpm	720	720	720	720	720	720
Water Side Heat Exchanger			Braze Plate Heat Exchanger					
Water flow		l/s	4.8	6.35	7.61	10.1	14.6	18.3
Max operating water pressure (without hydraulic module)		kPa	1000					
Built In Hydraulic Module (optional)			Pump, filter, relief valve, expansion tank, pressure gauge, flow switch, etc.				N/A	
Pump type			Single stage centrifugal pump 2900r.p.m					
Pump motor power input		kW	2.2	2.2	3.0	3.0	N/A	N/A
Number of pump			1	1	1	1	N/A	N/A
Discharge head		m	22	17	22	19	N/A	N/A
Capacity of expansion tank		l	24	24	24	24	N/A	N/A
Max operating water pressure (with hydraulic module)		kPa	600	600	600	600	N/A	N/A
Water Pipe Diameter		in	2-1/2	2-1/2	2-1/2	2-1/2	5	5
Dimensions	Width	mm	1950	1950	1950	1950	2362	2362
	Length	mm	2828	3160	3160	3160	4940	4940
	Height	mm	1608	1850	1850	2002	2610	2610
Operating Weight	With hydraulic module	kg	1400	1640	1696	1970	N/A	N/A
	Without hydraulic module	kg	1300	1535	1582	1852	3950	3980
Shipping Weight	With hydraulic module	kg	1390.20	1630.20	1684.00	1950.00	N/A	N/A
	Without hydraulic module	kg	1290.20	1525.20	1570.00	1832.00	3918.00	3940.00
Operating temperature range (cooling)		°C	15°C to 43°C ambient temperature					
Operating temperature range (heating)		°C	-10°C to 24°C ambient temperature					
sound pressure @ 1m			dBA	72	79	80	81	83

1. Cooling capacity is based on 35°C ambient temperature, 7°C outlet water temperature and 12°C inlet water temperature.
2. Heating capacity is based on 7°C DB/6°C WB ambient temperature, 45°C outlet water temperature and 40°C inlet water temperature.
3. R22 refrigerant is also available for above models upon request.

Fuente: lista de maquinaria de climatización de Oficina Técnica y extraído del catálogo de la empresa TRANE

## ANEXO B. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO EN LIDER

Se describe con detalle el procedimiento seguido desde la toma de datos y trabajos previos de cálculos de diversos parámetros imprescindibles para el cálculo de *LIDER-Calener VyP*, hasta la definición geométrica del edificio en el programa y la generación de los documentos finales de cálculo del programa.

### ANEXO B.1. TRATAMIENTO DE PLANOS PARA DEFINICIÓN GEOMÉTRICA EN LIDER

A continuación se describe el procedimiento de toma de datos y cálculos previos necesarios para la definición del modelo virtual del edificio en los programas *LIDER-Calener VyP*, y poder exportar el modelo generado a *Calener GT* para su calificación energética definitiva.

#### ANEXO B.1.1. BASE DE DATOS DE PLANOS Y SU EDICIÓN

Los programas *LIDER* y *Calener VyP* permiten, por defecto, la generación geométrica del edificio mediante *coordenadas*. En este proyecto se utiliza un método alternativo, para definir gráficamente la geometría del edificio desde la visualización 3D.

Consiste en convertir los planos de formato de dibujo vectorial, compuestos por las superficies interiores simplificadas de los espacios del edificio, a ficheros compuestos de *líneas auxiliares 2D o 3D*, que se puedan insertar en *LIDER* y manipularse para generar los espacios y envolvente térmica, seleccionando directamente los *vértices* que las líneas auxiliares forman. Con lo cual, se simplifica el trabajo.

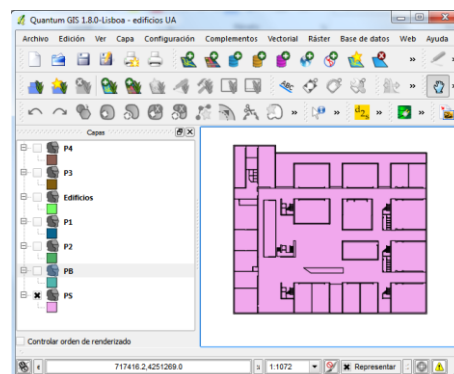


Figura 34. QGIS. Plano de Planta Sótano edificio Escuela Politécnica Superior IV

Los planos por plantas del edificio de la Escuela Politécnica Superior IV se descargan desde el servidor *SIGUA de la Universidad de Alicante*, mediante el software *Quantum GIS*, y posteriormente se exportan a dibujo vectorial en formato *CAD .dxf*, en un archivo por cada planta del edificio.

Para darle utilidad a los planos exportados a *CAD*, primero se genera el contorno perimetral de todas las superficies, en forma de *Polilíneas*, porque las superficies de cada plano generadas con *Quantum GIS*, se componen de elementos tipo *Sombreado*.



De los contornos generados, sólo son útiles las *superficies útiles*, que comprenden los contornos interiores de los espacios, bordeando las entradas, muros de los espacios y la carpintería; y que finalmente se trazan sobre éstas, superficies útiles rectangulares simplificadas y muy aproximadas, sobre todos los espacios del edificio, tanto espacios *Habitables* como *No habitables*, que se van a utilizar como *plantilla de líneas auxiliares* para importarlas.

Para elaborar la geometría del modelo virtual del edificio, se manejan tres fuentes de información y se comprueba cierta incoherencia en la precisión de las dimensiones de los planos extraídos entre la base de datos *SIGUA* de la Universidad, los planos del *proyecto original* del edificio y algunas *mediciones realizadas in situ*, pues no coincide la proyección de planta entre plantas de diferentes niveles, observándose una diferencia de hasta 50 cm de dimensiones y de separación horizontal entre proyecciones de los muros exteriores que definen los espacios; al igual que ocurre en todas las cajas de escaleras y aseos. Es estrictamente necesario que la geometría de los espacios coincida exactamente entre la proyección de las plantas.

Se entiende que los planos de *SIGUA* se utilizan para dotar de información de los edificios para los usuarios de la Universidad y no sean idénticos al proyecto original, pero el proyecto original sufre ciertas modificaciones tras su ejecución de obra que se han observado in situ, para contrastar la información disponible sobre el edificio y poder adoptar una solución geométrica global coherente y lo más exacta posible con la realidad física del edificio, para este proyecto.

Por tanto, antes de trazar las superficies útiles simplificadas de los espacios del edificio, se corrigen los planos de todas las plantas, para que al superponer planos de plantas, coincida su geometría en proyección.

La mayor dificultad es la unión de las cajas de escalera y ascensor entre la planta baja y planta primera de los tres módulos, porque no coinciden las dimensiones entre los tres módulos, que deben ser idénticos en cuanto a sus dimensiones, y coincidir también con la proyección de planta de diversos espacios de planta baja sobre los que se sustentan. Por tanto se han modificado y adaptado las dimensiones de los planos de planta primera y segunda de *SIGUA*.

Las imprecisiones entre los planos de la base de datos *SIGUA* y los planos originales del proyecto del edificio, provocan inevitablemente que se observe una leve variación de

la superficie útil simplificada trazada para la simulación energética del edificio respecto de la superficie neta de este edificio declarada por la Universidad de Alicante, teniendo en cuenta también que hasta la actualidad se han construido nuevas aulas y modificado la distribución en diversas zonas del edificio respecto del proyecto original.

En concreto tiene una *superficie neta* de 6423 m<sup>2</sup>, repartida en cuatro plantas, que representa a su vez casi la mitad de la superficie disponible de los edificios de la Escuela Politécnica Superior, según indica la Universidad de Alicante en su web:

Tabla 54. Superficies netas en el edificio EPS IV (m<sup>2</sup>). Fuente: Universidad de Alicante

Edificio	Planta sótano	Planta baja	Planta 1ª	Planta 2ª	Total	% EPS
<b>39 (P-IV)</b>	<b>2.284</b>	<b>1.952</b>	<b>1.072</b>	<b>1.116</b>	<b>6.423</b>	<b>45%</b>

Fuente: <http://www.eps.ua.es/informacion/historiaEPS/instalaciones.phtml>

La *superficie acondicionada* total del edificio es de 6653.96 m<sup>2</sup>, y la *superficie no acondicionada* total de 1608.40 m<sup>2</sup>, correspondiente a la superficie de los aseos, escaleras, ascensores, cuartos de instalaciones, y pasillos interiores conectados al exterior.

En las siguientes imágenes se muestra cómo quedan trazados los espacios simplificados de las diferentes plantas. Se han realizado lo más fieles posibles a las dimensiones y geometría del edificio, simplificando sólo los espacios descritos a continuación.

#### PLANTA SÓTANO:

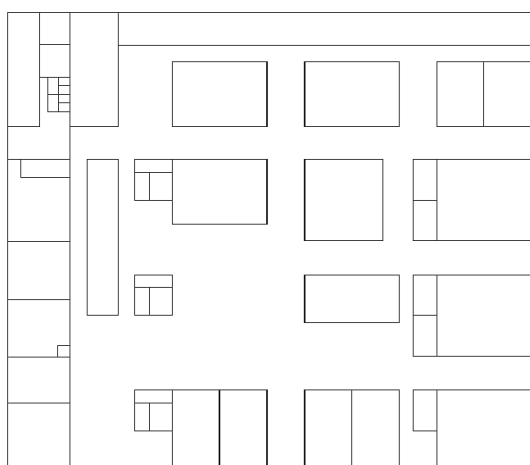


Figura 35. Superficies simplificadas Planta Sótano para líneas auxiliares de LIDER

#### ASEO Planta Sótano Laboratorios:

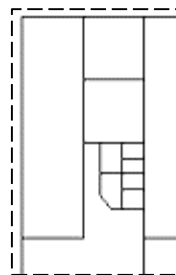


Figura 36. Detalle chaflán aseos de laboratorios Planta Sótano

Según los planos de proyecto y los planos *G/S* de la Universidad de Alicante, existe un chaflán en los aseos de planta sótano de los laboratorios, que en la realidad forma esquina a 90 grados. Se han unificado los dos aseos en un solo espacio de forma rectangular y superficie equivalente.

Las nuevas aulas son el taller de arquitectura (*pecera*) situado en la planta sótano, bajo la pasarela de hormigón armado de planta baja; el taller de maquetas y el aula EP/S-05D que formaban un solo aula.

Se ha simplificado la *sala de Reuniones Claude Shannon* de la planta sótano, unificando la superficie de su almacén con la superficie útil de la sala.

PLANTA BAJA:

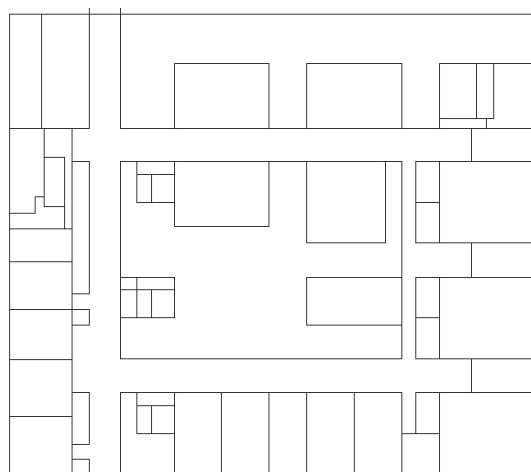


Figura 37. Superficies simplificadas Planta Baja para líneas auxiliares de LIDER

PLANTA PRIMERA:

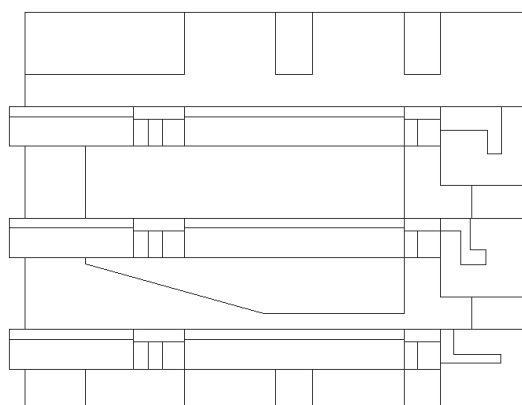


Figura 38. Superficies simplificadas Planta Primera para líneas auxiliares de LIDER

Las plantas primera y segunda, son idénticas geométricamente. Se han agrupado los *despachos* de las plantas primera y segunda en tres grupos por planta, identificados como zona Oeste, Zona Central, Zona Secretaría y Laboratorios; es decir, están unidas las superficies de los *despachos* hasta la separación que hay entre ellos, que son los *aseos*, *ascensor*, *escaleras* y *pasillos*, siendo la única diferencia entre los tres módulos la superficie de los *pasillos* de acceso interiores de los despachos de la zona de *secretaría*.

También se ha trazado la proyección de las *cubiertas* no transitables que conforman el techo de las aulas de la planta baja y *pasillos exteriores* de circulación, pues son elementos que proyectan *sombra* a efectos del programa de certificación energética, y se toman como referencia durante su generación geométrica.

### ANEXO B.1.2. EDICIÓN Y CARGA DE PLANTILLA DE ESPACIOS EN LIDER

Para insertar en el archivo en el archivo *.cte* del programa *LIDER*, los planos formados por las superficies útiles simplificadas trazadas en el dibujo CAD de cada planta, se requieren dos herramientas.

Para el programa **AutoCAD** se requiere instalar una aplicación llamada **VBA Enabler**, de *Microsoft Visual Basic for Applications Module (VBA*, que sirve para ejecutar el comando de *Macros* de *AutoCAD*). En este caso se utiliza *AutoCAD 2014 64 bits* y su aplicación correspondiente VBA.

Por otro lado se utiliza una aplicación llamada **AUX-LIDER**, que sirve para transformar las *Polilíneas*, tanto 2D como 3D de *AutoCAD*, y cargarlas como líneas auxiliares en el programa *LIDER*, para usarlas para definir la geometría del edificio.



Figura 39. Programa AUX-LIDER

Los planos de *AutoCAD* se insertan en *LIDER* ejecutando el comando *Macros* de *AutoCAD* y cargando un archivo llamado **CAD-AUX** con extensión *.dvb*, que viene junto al programa *AUX-LIDER*, que tiene definido el *Macro* que se debe ejecutar para que *AutoCAD* pueda convertir las *Polilíneas* en un fichero *.aux*, y que después se utilizará para cargarse en un fichero *.cte* del programa *LIDER*, mediante el programa **AUX-LIDER**.

En concreto con el *Macro* se ha generado un fichero de *líneas auxiliares* por planta, con *líneas tipo 2D*, *factor de escala 1* con unidades en metros, con *punto de origen de coordenadas* de *LIDER* la esquina inferior izquierda de la planta baja y sótano para que la geometría tenga vértices con coordenadas positivas, y con cotas de plantas definidas según las *alturas* del proyecto del edificio, estableciendo como *cota ±0,00 m*, la rasante del pavimento exterior y terreno que bordea exteriormente el edificio. En concreto las **alturas** definidas para todas las plantas son:

Tabla 55. Cotas de las plantas del proyecto en LIDER

Plantas	Sótano	Baja	E.Cubierta	Primera	Segunda	M.Cubierta
Cota (m)	-3,00	+0,57	+4,14	+5,05	+8,07	+11,20

Fuente. Elaboración propia

Por tanto, la altura desde cota  $\pm 0,00$  m a cara superior del forjado de cubierta de los módulos es de **11,00 m**. El edificio contiguo de *Óptica y Optometría* también. La altura interior para planta sótano y baja, es de 3,22 m, y para las plantas 1ª y 2ª es de 2,67 m.

## ANEXO B.2. BASE DE DATOS. ENVOLVENTE TÉRMICA

A continuación se justifica toda la envolvente térmica del edificio definida en *LIDER-Calener VyP*, es decir, la composición de materiales constructivos de muros exteriores, cubiertas, suelos, superficies en contacto con el terreno, puertas, ventanas con sus tipos de vidrio, marco y protecciones solares; y sus correspondientes propiedades de transmitancia térmica, permeabilidad al aire de la carpintería, factor solar de vidrios y alguna reseña sobre el sombreadamiento del edificio.

### ANEXO B.2.1. CERRAMIENTOS Y PARTICIONES DEL EDIFICIO

Para definir la *envolvente térmica* del edificio se ha tomado como referencia la descripción detallada de las partidas del *presupuesto del proyecto del edificio*, que parte de ellas se extraen y se adjuntan en el **ANEXO A.1. Descripción material del proyecto del edificio**; se ha examinado con detenimiento los *planos de plantas, secciones y carpintería*, que se adjuntan en el **ANEXO A.2. Planos de proyecto del Edificio EPS IV**, y para su comprobación se han realizado mediciones in situ de las dimensiones de ventanas y puertas, grosores de muros, altura de planta baja sobre cota rasante.

Se usa *la librería de materiales y productos* de *LIDER* para la definición de la envolvente térmica del edificio.

#### ANEXO B.2.1.1 MUROS DE CONTENCIÓN

Se ha examinado el edificio y se concluye que *los espesores de muros de proyecto no son los construidos*, pues tomando referencia el *plano de planta sótano y plano de estructura de muro de contención*, se observa que el espesor de éste varía según la orientación, entre 36 y 43 cm. En cambio, el *espesor total* medido es de *50,5 cm* aprox., para todos los muros de planta baja y sótano del edificio.

Por otro lado, en planos de sección vertical del proyecto, el muro de contención aparece todo el espesor de su sección de hormigón armado, sin despiece por capas. En cambio, se observa desde la fachada Sur, que el muro de contención de hormigón armado está sin revestimiento exterior hasta su unión con el forjado de planta baja, y a partir de línea de forjado se levanta otra tipología de muro que se define más adelante, que se prolonga verticalmente con el mismo espesor del muro de contención.



Fotografía 4. Fachada Sur Edificio.  
Encuentro muro de contención, de  
planta baja y acera perimetral

Por tanto, a falta de datos precisos de sección constructiva de proyecto, se estima que por los espesores, el aspecto acabado tanto por el exterior e interior, y el tacto al golpearlo por el interior, que el muro de hormigón armado tiene de grosor 41 cm, y que además tiene un *trasdosado interior de fábrica de ladrillo hueco doble de 7 cm* revestido por el interior, con una pequeña cámara de aire de 1 cm de separación entre ambos, que sumando elementos constructivos, suma un grosor total de 50,5 cm aprox.



Fotografía 5. Medición Fachada Sur.  
Altura pavimento exterior a línea de  
forjado de planta baja.

Según sección constructiva de proyecto, la altura entre pavimentos desde el sótano a planta baja es de 3,57 m, por eso la planta sótano se ha considerado a -3,00 m, y el nivel de pavimento de planta baja se ha establecido a + 0,57 m sobre el nivel de línea de tierra.

Se ha comprobado, midiendo la altura de los muros de contención de fachada Sur y Este, desde acera perimetral hasta línea de forjado de planta baja, que la altura varía en torno a 48 cm, por los pequeños asentamientos que ha sufrido el pavimento en las zonas en contacto con el muro.



Fotografía 6. Medición Fachada Este.  
Altura pavimento exterior a línea de  
forjado de planta baja.

Por tanto, se confirma que las alturas medidas coinciden con las alturas entre plantas de proyecto, pues la altura medida, mas 9 cm de espesor total de pavimento de planta, según proyecto, coincide exactamente con +0,57 m.

Finalmente, en la base de datos de *LIDER*, se definen dos tipos de cerramientos para **muro de contención**, uno corresponde a la parte del muro en contacto con el terreno, y otro de la parte expuesta al exterior del mismo muro, cuya diferencia entre ambos es el *material impermeabilizante*, una membrana drenante de polietileno de alta densidad con relieves semicónicos.



La *transmitancia térmica*  $U$  del cerramiento, sin el impermeabilizante, varía de 1,42 a 1,45 W/m<sup>2</sup>K.

Grupo Muros de contención de tierras						
Nombre Muro_cont_HA-LH7-PEHD						
Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Poliétileno alta densidad [HDPE]	0,008	0,500	980	1800	
2	Hormigón armado 2300 < d < 2500	0,410	2,300	2400	1000	
3	Cámara de aire sin ventilar vertical 1 cm					0,150
4	Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]	0,070	0,432	930	1000	
5	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,015	0,550	1125	1000	

U 1,42 W/(m<sup>2</sup>K)

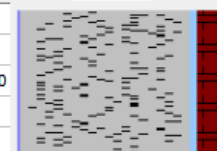


Figura 40. LIDER. Definición Muro contención

### ANEXO B.2.1.2 MUROS EXTERIORES PLANTA SÓTANO Y BAJA

Conforme al presupuesto y los planos de sección constructiva de proyecto, el muro exterior de planta baja y sótano, se compone por hoja exterior de ladrillo cerámico hueco doble de ½ pie de espesor, enfoscado maestreado, con aislamiento a base de *plancha rígida de poliestireno expandido de 30 mm de espesor y densidad 20 kg/m<sup>3</sup>, 0,032Kcal/hm°C*, clavado sobre superficie con puntas de acero 17x70 3mm y aplicación de lechada de cemento; cámara de aire de 8,5 cm y hoja interior de ladrillo cerámico hueco doble de 7 cm, con Mortero Cemento PA-350 1:6 (M-40).

Sin embargo, la diferencia del grosor total medido de 50,5 cm, con los materiales conocidos, debe ser una *cámara de aire bastante gruesa*.

Según *detalle en sección constructiva*, el grosor del ladrillo hueco doble es de 12 cm porque está ejecutado con aparejo a tizón, pero se selecciona *Tabicón de Ladrillo Hueco Triple de 11 cm* en la base de datos de materiales de *LIDER*, porque en la librería de materiales del programa, las fábricas de ladrillo de ½ pie, son de ladrillo macizo o perforado, y para fábrica de ladrillo hueco no permite indicar un grosor de 12 cm.

Para definir la **cámara de aire de 25 cm** se inserta un material de *cámara de aire no ventilada vertical de 10 cm*, pues según el cálculo de la resistencia térmica de cámaras de aire de la norma **EN ISO 6946 Anexo B**, una cámara de aire de 10 cm tiene la misma resistencia térmica que una cámara de aire de mayor grosor, suponiendo que los factores de emisividad son iguales.

ANEXO B. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO EN LIDER

Tabla 56. Resistencia Térmica Cámaras de Aire. Cálculo según EN ISO 6946 Anexo B

Dirección del flujo de calor	Flujo Horizontal (Muro)		
Espesor (d)	0,25	m	
$\Delta$ Temperatura ( $\Delta T$ )	5	K	
Temperatura Media ( $T_{avg}$ )	10	K	
Emisividad ( $e_1$ )	0,9	(--)	
Emisividad ( $e_2$ )	0,9	(--)	

Conducción + Convección			
$h_a$	Max (1,25; 0,025/d)	1,25	W/m <sup>2</sup> K
Radiación			
$h_{ro}$		5,14	W/m <sup>2</sup> K
E	$1/[(1/e_1)+1/(e_2)-1]$	0,82	(--)
$h_r$	$E \cdot h_{ro}$	4,21	W/m <sup>2</sup> K
TOTAL			
$R_g$	$1/(h_a+h_r)$	0,18	m <sup>2</sup> ·K/W

En cuanto al **aislamiento térmico** se ha considerado *Poliestireno Expandido EPS* de 5 cm de espesor, en vez de 3 cm según proyecto, pues así lo indicó la *arquitecta Lola Alonso*, autora del proyecto de este edificio.

Grupo Muros						
Nombre Muro_PS-PB_LH9-EPS5-LH7						
Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,015	0,800	1525	1000	
2	Tabicón de LH triple [100 mm < E < 110 mm]	0,110	0,427	920	1000	
3	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,015	0,400	875	1000	
4	EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/[mK]]	0,050	0,038	30	1000	
5	Cámara de aire sin ventilar vertical 10 cm					0,190
6	Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]	0,070	0,432	930	1000	
7	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,015	0,800	1525	1000	

Figura 41. LIDER. Definición Muro exterior Planta Sótano y Baja

Para los **muros exteriores de los pasillos** de planta baja y sótano, orientados al Norte y Sur, se ha añadido una capa exterior de *Tablero contrachapado*, pues según presupuesto de proyecto, los paramentos están revestidos con tablero de *contrachapado de madera* de 16 mm de espesor.

### ANEXO B.2.1.3 MUROS EXTERIORES ENTRE CARPINTERÍAS

Según planos de sección vertical del proyecto del edificio, cambia la sección constructiva del muro por *tabique de ladrillo hueco doble de 7 cm de espesor*, sobre las puertas de madera de planta baja y sótano, desde altura de falso techo hasta forjado.

Grupo Muros exteriores carpinterías						
Nombre Muro_sobre_puerta						
Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,015	0,550	1125	1000	
2	Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]	0,070	0,432	930	1000	
3	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,015	0,550	1125	1000	

Figura 42. LIDER. Definición Muro exterior sobre puertas

Las aulas y despachos de secretarías de los módulos de planta primera y segunda, tienen grupos de ventanas que quedan separadas entre sí por los pilares de hormigón armado, que quedan vistos al exterior y están pintados de color negro. Los pilares entre ventanas son un puente térmico, aunque también actúan con inercia térmica, pues la masa de hormigón armado absorbe la radiación solar durante el día y expulsa el calor horas después cuando las temperaturas bajan, favoreciendo la pintura negra este efecto térmico.

Para su simulación con *LIDER*, se estima más correcto definir el puente térmico por pilares, el general para todo el edificio, correspondiente a pilares envueltos entre el cerramiento de fachada; y para este caso particular de pilares entre ventanas, la transmitancia térmica es muy superior comparativamente, por lo que los pilares se definen como un **muro de hormigón armado** de 40 cm de espesor, donde se insertan *las ventanas* y se separan 30-35 cm entre sí, que corresponde a la dimensión de los **pilares que situados entre las ventanas**.

Por tanto, para cada espacio se contabilizan los puentes térmicos de pilares entre el cerramiento de fachada, y se descuenta el número de puentes térmicos de los pilares que hay entre ventanas, es decir, la transmitancia térmica de los pilares entre ventanas se contabiliza en el cálculo como paredes exteriores, en vez de puentes térmicos, pues en *LIDER* sólo se puede seleccionar un tipo de puente térmico para todo el edificio, y la superficie expuesta al exterior de pilares es considerable.

Grupo Muros exteriores carpinterías						U	2,91	W/(m²K)
Nombre Muro_pilarentreventanas								
Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp			
1	Hormigón armado 2300 < d < 2500	0,400	2,300	2400	1000			

Figura 43. LIDER. Definición Muro exterior entre ventanas

#### ANEXO B.2.1.4 MUROS EXTERIORES. ASEOS PLANTA BAJA Y SÓTANO

Según planos de proyecto, los *muros exteriores de los aseos de planta baja y sótano* tienen un espesor total de 15 cm. En *LIDER* se ha definido un cerramiento compuesto por *fábrica de ladrillo perforado de ½ asta* (12 cm), revestido por el exterior con mortero monocapa, y por el interior con alicatado de azulejo, recibido con adhesivo especial, sobre paramentos maestreados de cemento.

ANEXO B. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO EN LIDER

Grupo Muros						
Nombre Muro_ext_aseos						
Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,015	0,800	1525	1000	
2	1/2 pie LP métrico o catalán 80 mm < G < 100 mm	0,115	0,512	900	1000	
3	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020	0,550	1125	1000	
4	Azulejo cerámico	0,005	1,300	2300	840	

Figura 44. LIDER. Definición Muros aseos Planta Baja y Sótano

El muro del aseo en contacto con el aula, tiene la misma composición que el muro exterior de las aulas, pero añadida la capa de mortero y adhesivo cementoso con el alicatado, por el paramento interior del aseo.

### ANEXO B.2.1.5 MUROS EXTERIORES. DESPACHOS, MÓDULOS PLANTA 1 Y 2

Según sección constructiva del proyecto original, se compone de fábrica de ladrillo hueco a 1/2 asta revestido por ambos lados, pero el espesor de los muros de los pasillos de los módulos de planta primera y segunda es de 40 cm aprox., por tanto existe una mejora significativa en la transmitancia térmica de este cerramiento.

Las fábricas de ladrillo se consideran las mismas que en planta baja y sótano. A diferencia, la cámara de aire es de menor grosor, pues si se restan espesores de los materiales conocidos que lo componen, se estiman 15 cm. Además se estima que no hay posibilidad que exista aislamiento térmico en su interior porque la estructura metálica de los módulos cruza a través de la cámara de aire, y debe haber una holgura mínima entre la perfilera metálica y ambos lados de las fábricas de ladrillo. Por la parte exterior de los pasillos tiene un tablero contrachapado clavado.

Grupo Muros						
Nombre Muros_pasillos_modulos						
Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Tablero contrachapado 350 < d < 450	0,016	0,130	400	1600	
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,015	0,550	1125	1000	
3	Tabicón de LH triple [100 mm < E < 110 mm]	0,110	0,427	920	1000	
4	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,015	0,550	1125	1000	
5	Cámara de aire sin ventilar vertical 10 cm					0,190
6	Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]	0,070	0,432	930	1000	
7	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,015	0,550	1125	1000	

Figura 45. LIDER. Muros pasillos módulos planta primera y segunda

### ANEXO B.2.1.6 MUROS SEPARACIÓN ASEO-DESPACHO MÓDULOS PLANTA 1 Y 2

Se considera se mantiene por la parte interior del aseo la misma fábrica de  $\frac{1}{2}$  pie de ladrillo perforado que el resto de los muros exteriores del aseo y además la misma cámara de aire y trasdosado de fábrica de ladrillo hueco de 7 cm de espesor.

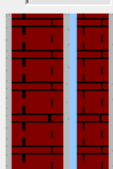
Grupo Muros		Nombre Muro_aseo-despachos						
Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica		
1	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,015	0,550	1125	1000		U 1,19 W/(m²K)	
2	1/2 pie LP métrico o catalán 80 mm < G < 100 mm	0,115	0,512	900	1000			
3	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,015	0,550	1125	1000			
4	Cámara de aire sin ventilar vertical 10 cm					0,190		
5	Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]	0,070	0,432	930	1000			
6	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020	0,550	1125	1000			
7	Azulejo cerámico	0,005	1,300	2300	840			

Figura 46. LIDER. Muros separación aseo-despachos en módulos planta primera y segunda

### ANEXO B.2.1.7 DIVISIONES INTERIORES. PLANTA BAJA Y SÓTANO

Para las divisiones interiores entre *salas*, *laboratorios*, *conserjería*, *almacenes* y *recintos de instalaciones*, se ha definido una fábrica de ladrillo perforado de  $\frac{1}{2}$  asta revestido a ambas caras con mortero de cemento. Entre aulas probablemente haya fábrica de ladrillo hueco de 7 cm de espesor, pero se ha decidido simplificarlo por el mismo cerramiento.


Grupo Muros		Nombre Muro_divisiones_LP12					U 2,23 W/(m²K)	
Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp			
1	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,015	0,550	1125	1000			
2	1/2 pie LP métrico o catalán 80 mm < G < 100 mm	0,115	0,512	900	1000			
3	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,015	0,550	1125	1000			

Figura 47. LIDER. Definición Divisiones interiores Planta Baja y Sótano

### ANEXO B.2.1.8 MURO CORTINA. MÓDULOS PLANTA PRIMERA Y SEGUNDA

La zona ciega del muro cortina, que cubre la altura entre el forjado superior de planta baja y el forjado de los módulos, está compuesta por chapas metálicas que envuelven y lo sostienen, con *aislamiento térmico de Poliuretano* de 4 cm, según sección constructiva del ANEXO A.2. Planos de proyecto del Edificio EPS IV.

Grupo Muro Cortina						U	0,67	W/(m²K)
Nombre Muro_cortina								
Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp			
1	Aluminio	0,002	230,000	2700	880			
2	PUR Plancha con HFC o Pentano y rev. permeable a	0,040	0,030	45	1000			
3	Acero	0,005	50,000	7800	450			

Figura 48. LIDER. Definición de parte ciega del muro cortina

### ANEXO B.2.1.9 PAVIMENTO. PLANTA SÓTANO

La base del pavimento se compone de solera de hormigón armado de 20 cm de espesor fratasado, sobre un firme con 15 cm de espesor de grava gruesa de diámetro 20/40 mm; y las capas más superficiales se componen de hormigón armado de 4 cm, con mallazo, y baldosas de terrazo de 40x40 cm, recibidas con mortero cemento, con capa de arena de 3 cm de espesor medio y lechada de cemento.

Grupo Pavimentos						U	2,43	W/(m²K)
Nombre Suelo_Sotano								
Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp			
1	Piedra artificial	0,020	1,300	1700	1000			
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,040	0,800	1525	1000			
3	Arena y grava [1700 < d < 2200]	0,030	2,000	1450	1050			
4	Hormigón armado 2300 < d < 2500	0,200	2,300	2400	1000			
5	Arena y grava [1700 < d < 2200]	0,150	2,000	1450	1050			

Figura 49. LIDER. Definición pavimento de sótano

En el **taller de arquitectura**, llamado la *pecera*, el pavimento es de caucho natural sintético acabado liso 3 mm, sobre la losa de hormigón armado existente.

Grupo Pavimentos						U	2,57	W/(m²K)
Nombre Suelo_Pecera								
Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp			
1	Caucho natural	0,005	0,130	910	1100			
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,010	0,550	1125	1000			
3	Hormigón armado 2300 < d < 2500	0,200	2,300	2400	1000			
4	Arena y grava [1700 < d < 2200]	0,150	2,000	1450	1050			

Figura 50. LIDER. Definición pavimento taller arquitectura de Planta Sótano



### ANEXO B.2.1.10 PAVIMENTO. PLANTA BAJA, PRIMERA Y SEGUNDA

El forjado de planta sótano y baja, es unidireccional de hormigón armado, con viguetas semirresistentes de 22 cm de canto de intereje 70 cm, 4 cm de capa de compresión, y bovedillas de hormigón.

Los módulos, planta primera y segunda, se componen de estructura mixta de hormigón armado y estructura de acero triangula con perfil laminado, formada por vigas de celosía tipo A-42b, con perfiles tipo IPN, UPN, L, HEB.

Finalmente, se selecciona el *forjado unidireccional de 25 cm de canto*, de la base de datos de materiales de *LIDER*. Las capas superficiales se componen igual que el pavimento de sótano.

Grupo Pavimentos								
Nombre		Suelo_PB_P1_P2						
Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	U	2,15	W/(m²K)
1	Piedra artificial	0,020	1,300	1700	1000			
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,040	0,800	1525	1000			
3	Arena y grava [1700 < d < 2200]	0,030	2,000	1450	1050			
4	FU Entrevigado de hormigón -Canto 250 mm	0,250	1,323	1330	1000			
5	Mortero de yeso	0,020	0,800	1500	1000			

Figura 51. LIDER. Definición de pavimento de plantas Baja, primera y segunda

### ANEXO B.2.1.11 PAVIMENTO. ASEOS

El *acabado superficial* del pavimento de los aseos, son baldosas de *Gres* monococción de 20x20 cm, color gris medio, recibidas con adhesivo cementoso sobre capa de mortero de cemento maestreado M-40 1:6. El resto de las capas que componen el pavimento de los aseos, son las mismas que el pavimento definido para cada planta.


Grupo Pavimentos								
Nombre		Suelo_aseo_sotano						
Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	U	2,44	W/(m²K)
1	Gres calcáreo 2000 < d < 2700	0,010	1,900	2350	1000			
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,040	0,700	1350	1000			
3	Arena y grava [1700 < d < 2200]	0,030	2,000	1450	1050			
4	Hormigón armado 2300 < d < 2500	0,200	2,300	2400	1000			
5	Arena y grava [1700 < d < 2200]	0,150	2,000	1450	1050			

Figura 52. LIDER. Definición pavimento aseo de planta sótano

### ANEXO B.2.1.12 CUBIERTA

Se compone de barrera de vapor de lámina PVC 0,5 mm de espesor, formación de pendiente de hormigón celular entre 1-4 cm espesor, membrana impermeable de PVC de 1,5 mm espesor, reforzada con malla de fibra de vidrio color gris, con fijación perimetral por soldadura térmica sobre perfil colaminado, aislamiento térmico con panel rígido de poliestireno extruido 25 kg/m<sup>3</sup> de 4 cm de espesor, lámina geotextil y gravilla suelta redondeada de 18/20 mm de diámetro lavada de río.

El espesor medio de formación de pendientes se ha considerado 8 cm, a diferencia de la descripción de proyecto.

Grupo Cubiertas						
Nombre Cubierta_notransitable_grava						
Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Arena y grava [1700 < d < 2200]	0,080	2,000	1450	1050	
2	Polietileno baja densidad [LDPE]	0,002	0,330	920	2200	
3	XPS Expandido con dióxido de carbono CO2 [ 0.034	0,040	0,034	38	1000	
4	Cloruro de polivinilo [PVC]	0,003	0,170	1390	900	
5	Hormigón celular curado en autoclave d 500	0,080	0,140	500	1000	
6	FU Entrevigado de hormigón -Canto 250 mm	0,250	1,323	1330	1000	
7	Mortero de yeso	0,020	0,800	1500	1000	

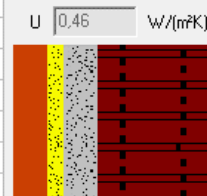


Figura 53. LIDER. Definición de la cubierta de los módulos

## ANEXO B.2.2. CERRAMIENTOS SEMITRANSSPARENTES

La carpintería y elementos de protección solar, son sustanciales en los resultados de cálculo de las demandas térmicas de climatización, así que se estudia con detenimiento cada ventana, puerta, lama horizontal o cortina del edificio, y se adjuntan tablas de datos y cálculos tomados para definir cada elemento.

### ANEXO B.2.2.1 VIDRIOS

Se definen en el proyecto dos tipos de **vidrios**:

El primero, corresponde al vidrio del muro cortina, que se compone de *Vidrio Stadip 6+6 mm*, tipo *monolítico 66.1ª*

El segundo, corresponde al resto de vidrio del edificio, tipo *doble 4-6-6*.

Transmitancia térmica (U)	<input type="text" value="5.40"/>	W/m²K
Factor Solar (g)	<input type="text" value="0.850"/>	Adimensional

Figura 55. LIDER. Vidrio Muro Cortina. Transmitancia térmica y factor solar

Transmitancia térmica (U)	<input type="text" value="3.30"/>	W/m²K
Factor Solar (g)	<input type="text" value="0.750"/>	Adimensional

Figura 54. LIDER. Vidrio Ventanas Planta Baja y Sótano. Transmitancia térmica y factor solar

### ANEXO B.2.2.2 MARCOS

Se han usado los valores de la **transmitancia térmica** de los marcos de la base de datos de *LIDER*, y se definen tres tipos:

A. Marco del *Muro cortina*, compuesto de perfiles de aluminio extruido anodizado plata de 1,5 mm. *Tipo Metálicos en posición vertical. Sin rotura de puente térmico.*

B. Marco para ventanas, de aluminio anodizado. Tipo Con rotura de puente térmico entre 4 y 12 mm.

C. Marco para **puertas**, de madera. Tipo Madera de densidad media baja.

Transmitancia térmica (U)	<input type="text" value="5.70"/>	W/m²K
Absortividad ( $\alpha$ )	<input type="text" value="0.40"/>	Adimensional

Figura 56. LIDER. Marco Muro Cortina. Transmitancia térmica y absortividad

Transmitancia térmica (U)	<input type="text" value="4.00"/>	W/m²K
Absortividad ( $\alpha$ )	<input type="text" value="0.40"/>	Adimensional

Figura 57. Marco Ventanas Planta Sótano y Baja. Transmitancia térmica y absortividad

Transmitancia térmica (U)	<input type="text" value="2.00"/>	W/m²K
Absortividad ( $\alpha$ )	<input type="text" value="0.70"/>	Adimensional

Figura 58. LIDER. Marco Puertas de Madera. Transmitancia térmica y absortividad

La **absortividad** del aluminio anodizado, le corresponde un valor  $\alpha=0.14$ , según una tabla de absortividad solar de superficies para múltiples materiales.

En cambio, se compara con la tabla 10. del art. 2.2 del CTE DA-DB-HE-1. *Cálculo de parámetros característicos, factor solar modificado de huecos y lucernarios*, indica que la absortividad del marco es *en función de su color*, siendo el color blanco con 0,20 y para el negro 1,00.

Por tanto, aunque se indique que para aluminio anodizado la absortividad es 0.14, en este caso se toma el color *gris claro*, que le corresponde un valor de 0,40.

Tabla 57. Absortividad del marco para radiación solar  $\alpha$ . CTE-DA-HE-1

Color	Claro	Medio	Oscuro
Blanco	0,20	0,30	-
Amarillo	0,30	0,50	0,70
Beige	0,35	0,55	0,75
Marrón	0,50	0,75	0,92
Rojo	0,65	0,80	0,90
Verde	0,40	0,70	0,88
Azul	0,50	0,80	0,95
Gris	0,40	0,65	-
Negro	-	0,96	-

Tabla 58. Absortividad solar de superficies de aluminio

METALES	Estado superficial	Absortividad
Aluminio	pulido	0,10
Aluminio	anodizado	0,14
Aluminio	en placas	0,15

### ANEXO B.2.2.3 HUECOS: VENTANAS, PUERTAS Y MURO CORTINA

Las **ventanas** se agrupan, en la base de datos de *LIDER*, por cada aula de edificio que las contiene, y se diferencian y denominan por su *anchura*, con letra V y numeración, porque para la mayoría de ventanas, su altura corresponde de forjado inferior a forjado superior de una misma planta.

Se ha medido con *cinta métrica* cada una de las ventanas y puertas del edificio, porque los planos de carpintería del proyecto del edificio parecían no coincidir sus dimensiones con la realidad, con lo cual genera cierta confusión para definir la carpintería del edificio en *LIDER*.

Tabla 59. Resumen superficie acristalada Total y por Orientación del edificio

Orientación Ventanas	Superficie (m <sup>2</sup> )
NORTE	1464,12
SUR	426,57
ESTE	431,31
OESTE	409,57
Total Edificio	2731,57

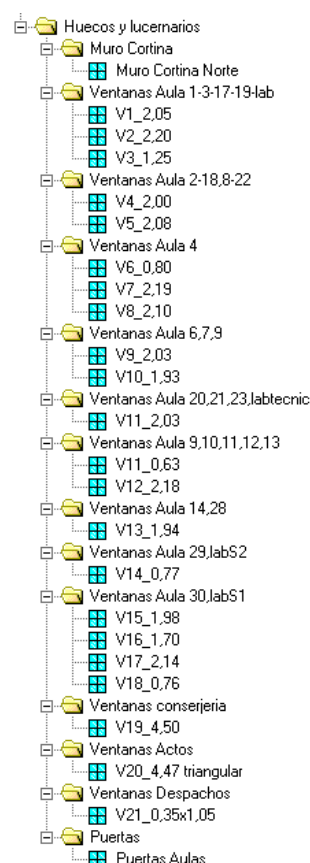


Figura 59. LIDER. Grupos y tipos de ventanas y puertas definidas

Así mismo, se identifican todas las ventanas, para crear una tabla de cálculo de superficie acristalada, superficie practicable, fracción de marco, permeabilidad al aire y su correspondiente ángulo de inclinación de las lamas horizontales, situadas al exterior de la mayoría de ventanas del edificio.

A través del programa *RAU U-Win*, de la empresa *REHAU*, específico para definir en proyectos las ventanas de marcos de PVC del propio fabricante, es posible crear todos los tipos de ventanas con sus dimensiones correspondientes y saber automáticamente el valor de la **Fracción de Marco** %, que se utiliza directamente en las propiedades de cada ventana, en la base de datos de *LIDER*.

## A. PERMEABILIDAD AL AIRE

Para establecer la *permeabilidad del aire* de la carpintería, ventanas y muro cortina, a falta de un ensayo tipo *Blower Door*, se ha estimado en función de los requisitos y clasificación de la permeabilidad al aire para puertas y ventanas, establecidos por normativas.

Actualmente está en vigor la Norma Europea *EN 12207: puertas y ventanas. Permeabilidad al aire*, que establece 5 clases, de Clase 0 a Clase 4, siendo la última la que menos permite el paso del aire a través de carpintería, es decir, el caudal de fuga o infiltraciones de aire por superficie total, ensayado con aire a presión de al menos 100 Pa.

La normativa vigente en el año 2000, de construcción del edificio, fue la *norma UNE 85208-81: Ventanas. Clasificación de acuerdo con su permeabilidad al aire*, que clasificaba en tres tipos: A1, A2, A3, y que en comparación con la normativa actual, se establece un límite superior de permeabilidad al aire, para cada clase, de 50, 20, 7 m<sup>3</sup>/h·m<sup>2</sup> respectivamente.

Se da por supuesto que la carpintería ejecutada en el edificio está entre los límites de esta clasificación. Por otro lado, se ha buscado ensayos de *Muros Cortina* similares al del edificio y de ventanas similares tanto fijas como practicables con eje horizontal, y se observa que la mayoría de los muros cortina, tienen una *Clase 4*, y alguno *Clase 3*, y para ventanas sucede lo mismo, siendo más frecuente la **Clase 3**, que según la normativa actual, la permeabilidad al aire se fija entre 3 y 9 m<sup>3</sup>/h·m<sup>2</sup>.

Tabla 60. Resumen Normativa permeabilidad al aire de la carpintería

NORMA ANULADA UNE 85208-81: Ventanas. Clasificación de acuerdo con su permeabilidad al aire	NORMA EN VIGOR Norma Europea EN 12207: Puertas y ventanas. Permeabilidad al aire. Requisitos y clasificación
<b>1.- Criterio de clasificación</b> Fuga de aire a 100 Pa <b>1.1 Fuga de aire por superficie practicable</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sin clasificar &gt; 50 m<sup>3</sup>/h·m<sup>2</sup></li> <li>- Clase A1: &lt; 50 m<sup>3</sup>/h·m<sup>2</sup>, hasta 150 Pa</li> <li>- Clase A2: &lt; 20 m<sup>3</sup>/h·m<sup>2</sup>, hasta 300 Pa</li> <li>- Clase A3: &lt; 7 m<sup>3</sup>/h·m<sup>2</sup>, hasta 600 Pa</li> </ul>	<b>1.- Criterio de clasificación</b> Fuga de aire a 100 Pa <b>1.1 Fuga de aire por superficie total</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Clase 0: Sin ensayar</li> <li>- Clase 1: ≤ 50 m<sup>3</sup>/h·m<sup>2</sup>, hasta 150 Pa</li> <li>- Clase 2: ≤ 27 m<sup>3</sup>/h·m<sup>2</sup>, hasta 300 Pa</li> <li>- Clase 3: ≤ 9 m<sup>3</sup>/h·m<sup>2</sup>, hasta 600 Pa</li> <li>- Clase 4: ≤ 3 m<sup>3</sup>/h·m<sup>2</sup>, hasta 600 Pa</li> </ul>

Siguiendo este razonamiento, se vuelve a la normativa anterior y se establece, que para el cálculo en *LIDER*, los **muros cortina** tienen clase A3 (<7 m<sup>3</sup>/h·m<sup>2</sup>) y que **las ventanas** tienen clase A2 (<20 m<sup>3</sup>/h·m<sup>2</sup>).



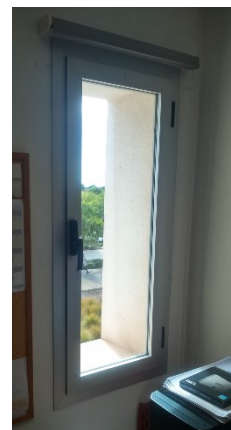
Para hallar un *permeabilidad al aire* razonable, se hace un cálculo de interpolación, de forma que se relaciona la superficie fija y la superficie practicable, tal que si la superficie total es fija, el valor de permeabilidad al aire es el mínimo,  $7 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ , y si la superficie total es practicable, el valor es máximo,  $20 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ .

De esta forma, según los cálculos detallados en el ANEXO B.3.3, para las **ventanas de Planta Baja y Sótano**, con parte fija y practicable, tienen un valor de **12,86  $\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$** ; y para las **ventanas fijas**, **7  $\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$** . Las **ventanas de la zona de secretaría** de los módulos en planta primera y segunda son del mismo tipo.

Para el **muro cortina**, de los módulos del edificio, se contabilizan las *ventanas practicables de eje horizontal*, que son de reciente instalación en el edificio, para ventilar el aire recalentado por el sol durante las tardes, al no estar totalmente orientado al Norte. En el muro cortina de cada planta de los módulos, existen ocho ventanas de anchura variable entre 2.40, 2.40, 1.80 metros y 0.80 metros de altura.

El resultado de permeabilidad al aire del muro cortina es de **8,07  $\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$** , para unas dimensiones de 82 metros de longitud total aprox. y 2,39 m de altura acristalada.

Para las **ventanas de los despachos de los módulos**, se ha considerado que cumple con una clase 3 de permeabilidad al aire  $9 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ . Pero según diferentes opiniones, puede que con las juntas que tienen las ventanas no sean tan estancas, entonces se ha estimado un valor medio entre 20 y  $9 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ , dado como resultado de **14,5  $\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$** .



Fotografía 7. Ventana Despachos



Fotografía 8. Ventanas de eje horizontal en secretarías



Fotografía 9. Ventana de eje horizontal del muro cortina

La carpintería de acceso a la **conserjería** del edificio, es una doble puerta metálica con parte fija, con superficie practicable del 38%. Por ser una puerta, la permeabilidad al aire se ha estimado entre 60 y 7  $\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ , según la relación entre superficie practicable y fija, con valor de **39,44  $\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$** .



Fotografía 10. Puerta de Conserjería

En el **Taller de Arquitectura** (pecera), cuyos cerramientos se componen de vidrio, se considera para el cálculo en LIDER, siguiendo el mismo razonamiento que en conserjería, una permeabilidad al aire de **7  $\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$**  para los dos lados longitudinales, y **40,2  $\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$**  para los lados de acceso con puerta doble.



Fotografía 11. Taller de Arquitectura. Vidrios

En los pasillos de los módulos de planta primera y segunda, que son de acceso abierto al exterior por las escaleras, hay **puertas de vidrio**, que no existían hace años y tienen la función de barrera contra robo o acceso a personas ajenas a la universidad; por tanto, no existen como puerta en *LIDER*.



Fotografía 12. Puerta de vidrio en pasillos módulos

Las **puertas de las aulas**, tienen la hoja separada 5-6 mm respecto del pavimento, y también se filtra el aire entre las dos hojas de la puerta y el marco, que a efectos de permeabilidad al aire, se traduce en una *elevada infiltración de aire exterior o fuga de aire interior*.



Fotografía 13. Separación hoja puerta de aulas con pavimento

Por tanto, no parece descabellado establecer que la permeabilidad al aire de estas puertas, sea *entre el doble y el triple* del valor típico para una puerta en *LIDER*, de **60 m³/h·m²**. Como resultado final, para este proyecto se *multiplica 2,5 veces* la permeabilidad al aire normal de una puerta, con lo se estima de **150 m³/h·m²**.

En cambio, en las **puertas de los despachos**, las hojas son simples y no es tan exagerada la filtración del aire, pues la separación de la hoja con el pavimento es menor, y algún despacho aislado tiene un burlete que limita el paso del aire por debajo de la puerta. Por lo tanto, se toman como puertas “normales”, con permeabilidad al aire de **60 m³/h·m²**.



Fotografía 15. Puerta Aseo Planta Sótano y Baja

Para las puertas de los **aseos** de planta baja y sótano se ha considerado una permeabilidad al aire *cuatro veces superior a una puerta normal*, es decir, **240 m³/h·m²** porque la separación de la hoja de la puerta con el pavimento es considerable y dispone de rejilla de ventilación en su parte inferior.



Fotografía 14. Puerta despachos módulos



## B. CORRECTOR DEL FACTOR SOLAR POR DISPOSITIVOS DE SOMBRA

Según el *Manual de LIDER*, se pueden utilizar los coeficientes de corrección por dispositivo de sombra estacional, para considerar dispositivos de sombra **no incluidos** en los predefinidos del programa, que estén fijos durante todo el año, por ejemplo, toldos u otros dispositivos de sombra, que se hagan funcionar solo en verano.



Fotografía 16. Lamas horiz. Orientación Oeste. Aulas EP/S-01D, EP/O-17D y Aulas EP/S-15M, EP/O-16M



Fotografía 18. Lamas horizontales Orientación Este-Oeste. Entre aulas zona norte y zona sur edificio



Fotografía 17. Lamas horizontales Orientación Este. Aulas informática

Los coeficientes de corrección se aplican a la *transmitancia térmica y al factor solar de la ventana*, y no son aplicables a las persianas integradas en los acristalamientos, porque el programa supone que siempre habrá un grado de oscurecimiento en las ventanas o puertas, aunque no se indique ningún dispositivo de sombra predefinido o no se modifique el corrector de factor solar. Para los edificios residenciales, por defecto tiene un *coeficiente corrector de 0,7*.

En este caso, el edificio dispone como **elementos de sombra o protección solar**, *celosía de lamas horizontales móviles regulables desde el interior con manivela metálica de accionamiento manual*. Las lamas son de aluminio extrusionado anodizado plata y dimensiones de 14 cm de ancho y 3,5 cm de solape entre lamas al cerrarse por completo, y su intereje de 14 cm. Su perfilería es metálica galvanizada.



Fotografía 19. Lamas horizontales Aulas orientación Norte

Aunque las lamas son móviles, el mecanismo del accionamiento manual está *estropeado* en la mayoría de aulas del edificio, y tampoco se abren las lamas porque se necesita *oscurecer las aulas*, para poder ver con nitidez las imágenes del proyector de diapositivas del profesor.

El sol refleja en las lamas del aula de enfrente, o entra directamente el primer metro de suelo.



Fotografía 20. Lamas horizontales Aulas orientación Sur

Las aulas destinadas a **Arquitectura** requieren mayor oscurecimiento, y al no haber solución, como mucho se opta por cubrir las ventanas de forma provisional con telas colgadas.



Fotografía 22. Lamas horizontales secretarías módulos

En las **aulas de informática** se requiere un sombreamiento casi total. Las aulas están orientadas al Este, las lamas están completamente cerradas y por el interior hay cortinas poco traslúcidas de color azul.



Fotografía 21. Lamas horizontales Orientación Sur. Aulas EP/S-02M, EP/O-18M

En cambio, **las aulas orientadas al Norte y Sur**, tienen las lamas más abiertas por lo general, excepto en las aulas EP/S-08M y EP/O-22M, que están totalmente cerradas, porque enfrente está el muro de dos alturas del aula de dibujo EP/S-04E, que refleja mucho el sol dentro de las aulas.





Fotografía 23. Cortinas pasillos módulo 1 y 3



Fotografía 24. Lamas horizontales Salón de Actos Orientación Este



Fotografía 25. Arbolado del edificio

En las **secretarías de los módulos** en las plantas primera y segunda, las lamas suelen estar abiertas, pero todas llevan por dentro una cortina que en este caso es traslúcida de color blanco.

En los **pasillos de los módulos 2 y 3**, hay cortinas regulables entre blancas y azules, con forma de lamas verticales, para proteger de la radiación solar reflejada en el muro blanco del módulo de enfrente, durante la mañana y medio día.

En cambio, el **pasillo del módulo 1**, es el más sufrido por el soleamiento, pues *no tiene protección solar*, e incide la radiación solar en el muro cortina por las tardes, al no estar orientado el edificio totalmente al Norte, produciéndose efecto invernadero por falta de ventilación.

En cuanto a los **árboles** del edificio, en general no proporcionan sombra sobre los acristalamientos y cerramientos, excepto los que hay en la zona Este del edificio, entre aulas de la planta sótano.

Teniendo en cuenta estos aspectos comentados, se plantean dos opciones para simular el sombreado en las ventanas del edificio.

Por un lado, el programa **LIDER** tiene un apartado de **dispositivos basados en lamas**, en el que se define el **ancho e intereje** de las lamas, su **ángulo**



que forma con la horizontal, y propiedades ópticas como *la transmisividad y la reflectividad*.

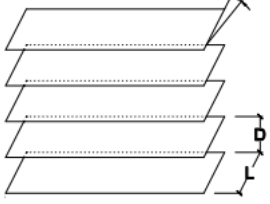
Por otra parte, se plantea la posibilidad de estimar un coeficiente de corrección de factor solar sin definir las lamas, de forma que sea equivalente. Para estimar el factor de solar del conjunto protección solar y acristalamiento se puede usar la norma *UNE EN 13363-1 "Dispositivos de protección solar combinados con acristalamientos. Cálculo del factor de transmitancia solar y luminosa: Parte 1 Método simplificado*.

$$\text{Corrector Factor Solar} = \frac{\text{Ecuación 2. Corrector del Factor Solar} \quad (\text{Factor solar protección solar + acristalamiento})}{\text{Factor Solar acristalado} \times \text{Factor incluido por LIDER}}$$

La fórmula viene a decir aprox. que el corrector del factor solar es el porcentaje no cubierto por la protección solar dividido por el factor de *LIDER*, que es 0,7.

En este caso, no resulta fácil estimar qué porcentaje de ventana es cubierto por las lamas para cada orientación. Se observa en el *art. 2.2 del CTE DA DB-HE 1*, que para la orientación dada y el ángulo de inclinación, se estima un factor de sombra. Se ha interpolado entre los ángulos 30 y 60, para estimar el factor de sombra para 80°, y la relación parece casi lineal, pero no conviene para aplicar en el cálculo de *LIDER*.

Tabla 61. Factor de sombra lamas horizontales CTE DA DB HE-1

LAMAS HORIZONTALES		ORIENTACIÓN	ÁNGULO DE INCLINACIÓN (β)		
			0	30	60
		SUR	0,49	0,42	0,26
		SURESTE/ SUROESTE	0,54	0,44	0,26
		ESTE/ OESTE	0,57	0,45	0,27

Finalmente también hay que considerar que *las lamas no cubren la totalidad de las ventanas*, porque empiezan a una altura de un metro sobre el suelo, y en unas aulas incluso a 2,15 m de altura.

La solución tomada, ha sido calcular el promedio del ángulo de inclinación de las lamas, por cada orientación y tipo de aula, según la posición actual de las lamas, considerando que las lamas no se mueven en todo el año. El ángulo promedio calculado, se reduce multiplicando la relación entre la altura cubierta por las lamas en las ventanas, entre la altura total de las ventanas, que es  $(3,22-1)/3,22=0,69$ .

Por tanto, se ha definido el sombreado de los huecos en *LIDER*, mediante **dispositivos basados en lamas horizontales**, con *Ancho* y *Distancia* de 0,14 m, y *ángulo*  $\beta$  calculado para cada aula. Para las propiedades ópticas, la *transmisividad* 0.12 y la *reflectividad* 0.88, según [la tabla de propiedades de materiales](#).

Tabla 62. Absortividad, reflectividad y transmisividad de materiales metálicos

Denominación	Absortividad	Reflectividad	Transmisividad
<b>CERRAMIENTOS OPACOS</b>			
Acero galvanizado blanco	0.26	0.74	0
Hoja de aluminio pulido reflectora	0.12	0.88	0
Película aluminizada de mylar	0.12	0.88	0
Superficie de latón	0.05	0.95	0

Hay que tener en cuenta que *Calener GT* no reconoce las lamas definidas en *LIDER* ni los coeficientes correctores que se pueden aplicar a los huecos, porque se debe crear un horario de sombra específico para cada ventana. Además, se ha observado que al exportar a *Calener GT*, se pierden los datos de permeabilidad al aire de las ventanas.

### ANEXO B.2.3. PUENTES TÉRMICOS DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

Se han seleccionado los puentes térmicos predefinidos por el programa que parecen ajustarse más al sistema constructivo del edificio.

Si quisiera conocerse con exactitud los valores de los puentes térmicos se puede emplear el programa *THERM*, aunque el cálculo resulta muy laborioso y no es objeto de este proyecto.

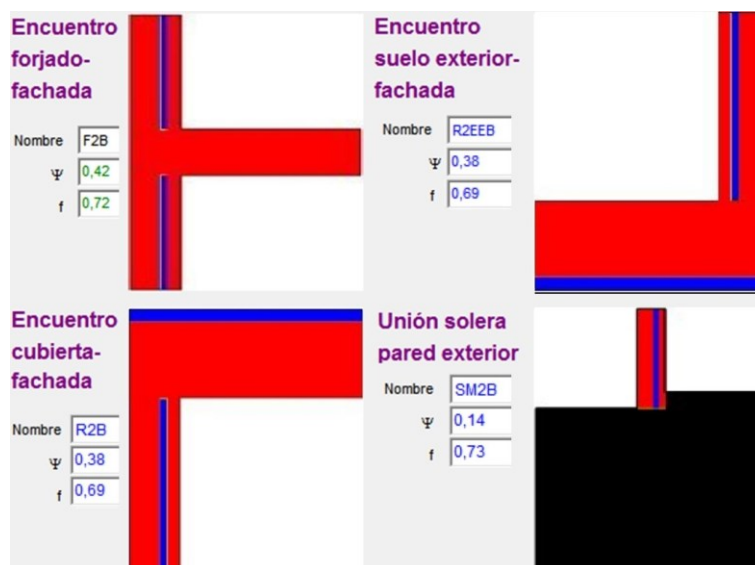


Figura 60. LIDER. Puentes térmicos encuentros forjado y solera con pared exterior



Figura 61. LIDER. Puentes térmicos esquinas, ventana y pilar

#### ANEXO B.2.4. PROPIEDADES DE LOS ESPACIOS Y SU ILUMINACIÓN

Después de definir todos los cerramientos de la planta sótano y sus huecos, se procede a definir las propiedades de cada espacio en *LIDER-Calener VyP*.

**Tipo de espacio:** para las aulas, talleres, laboratorios y despachos, el tipo de espacio es *acondicionado*. Para los aseos es *No acondicionado*. Para almacenes, cuartos de instalaciones eléctricas, cajas de escalera y pasillos de planta primera y segunda, el espacio es *No Habitable* con un *Nivel de estanqueidad 1*.

**Tipo de uso:** se ha estimado de *intensidad media 16 horas* diarias.

**Nº pilares:** para cada espacio se ha definido el nº de pilares integrados en el espesor del cerramiento, no se han contado los pilares que hay entre medias de las ventanas, porque ya de por sí el cerramiento que las contiene constituye un puente térmico, en cada separación entre éstas.

**Multiplicador:** no se pueden multiplicar los espacios definidos con cerramientos definidos según indica *LIDER*. El valor es 1 para todos los espacios.

**Clase de higrometría:** Clase 3. Se ha justificado en apartados anteriores.

**Redistribución interior de la radiación:** se ha seleccionado para este proyecto el *método Prefijada (Fixed)*, porque el tiempo de cálculo es excesivo, alrededor de hora y media para una parte del edificio simulado. El método *Backward Ray Tracing* ha generado errores que no permiten realizar el cálculo.

**Renovaciones de hora requeridas:** como se ha indicado en apartados anteriores, para cada espacio se le asigna un número de renovaciones de aire mínimas calculadas en función del *RITE*.

**Iluminación:** para cada espacio se le indica una potencia instalada por superficie, su correspondiente *VEEI* de eficiencia energética en iluminación, y el *VEEI límite* establecido según el *CTE-HE3*.

En el ANEXO B.3. Base de datos de cálculo para la definición del edificio en LIDER se detallan los cálculos y datos asociados a cada espacio del edificio.

### **ANEXO B.3. BASE DE DATOS DE CÁLCULO PARA LA DEFINICIÓN DEL EDIFICIO EN LIDER**

Los cálculos de los parámetros necesarios para definir los espacios del edificio en *LIDER-Calener VyP* se han realizado manualmente en hoja de tabla de cálculo, siendo necesario para ello una importante toma de datos previa del edificio.

Estos parámetros son la renovación del aire interior de cada espacio del edificio, un estudio de la ocupación de personas de las aulas y su ocupación horaria para los cursos anteriores; las dimensiones, permeabilidad al aire y ángulo de inclinación de las lamas horizontales de las ventanas del edificio, el número de pilares o puentes térmicos de cada espacio, el consumo eléctrico en iluminación por superficie y su eficiencia en iluminación VEEI.

Los datos se organizan por orden de nombre de las Aulas, de forma que si se observa su abreviación inicial, se puede distinguir en qué planta se sitúan las aulas, en planta baja o planta sótano. Por otro lado, se agrupan los laboratorios o salas de trabajo o similares y también los aseos.

Las superficies indicadas son las mismas utilizadas en la generación geométrica del edificio en *LIDER-Calener VyP*, y su volumen resulta de multiplicar la superficie por la altura real de los espacios, y no el volumen que indica *LIDER-Calener VyP* porque existe un cierto desajuste de alrededor de 1 cm según el espacio seleccionado debido a los grosores que definen las capas de materiales de los cerramientos.

### ANEXO B.3.1. CÁLCULO RENOVACIONES DE AIRE POR ESPACIOS

La renovación de aire es el número de veces que el volumen de aire interior de un espacio sale al exterior y vuelve a entrar. Su valor depende directamente del número de personas que ocupan el espacio y del uso o actividad que realicen, pues su actividad variará las condiciones de calidad del aire interior.

Para garantizar una calidad de aire interior mínima, el *RITE* establece que según el uso de los espacios del edificio tendrá un IDA que define el caudal de ventilación mínimo que debe mantener el espacio, mediado en  $\text{m}^3/\text{h}$ .

La renovación de aire al mismo tiempo conlleva un aumento de la demanda térmica para mantener la temperatura de consigna constante para periodos de verano e invierno. En este caso, se pudo comprobar que las renovaciones de aire requeridas son elevadas en comparación con las de edificios residenciales.

Se destaca las aulas de menor superficie útil, salón de actos y taller de arquitectura, entre 4 y 5 renovaciones por hora requeridas. En cambio las aulas de mayor superficie las renovaciones varían entre 2 y 3 aprox.

Las aulas de informática varían entre 2 y 2,5 renovaciones. Los laboratorios y salas similares tienen renovación de aire variable entre 1 y 1,8. Los despachos de secretaría varían entre 1,5 y 2 renovaciones, mientras que los despachos individuales tienen en torno a 1,5 renovaciones. Los aseos varían en torno a 1 renovación por hora.



ANEXO B. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO EN LIDER

Tabla 63. Renovaciones de aire mínimas en aulas

AULAS	Promedio personas	Aforo máx.	Ocupación media	Superficie (m2)	Altura libre (m)	Volumen (m3)	IDA	Caudal ventilación mín.(m3/h)	Renovaciones aire mín.(1/h)
EP/S-01D	34	84	40%	141,07	3,22	454,24	2	45	3,33
EP/S-02M	23	96	23%	141,07	3,22	454,24	2	45	2,23
EP/S-03D	27	84	33%	141,07	3,22	454,24	2	45	2,71
EP/S-04E	34	25	136%	146,86	6,79	997,19	2	45	1,53
EP/S-05D	14	48	29%	70,53	3,22	227,12	2	45	2,80
EP/S-06D	34	63	54%	176,87	3,22	569,53	2	45	2,69
EP/S-07D	21	63	33%	176,87	3,22	569,53	2	45	1,67
EP/S-08M	34	64	54%	103,68	3,22	333,85	2	45	4,65
EP/S-09G	38	112	34%	175,87	3,22	566,29	2	45	2,99
EP/S-10P	25	56	45%	87,93	3,22	283,15	2	45	4,02
EP/S-11P	24	56	43%	87,93	3,22	283,15	2	45	3,79
EP/S-12M	32	56	57%	87,93	3,22	283,15	2	45	5,12
EP/S-13I	20	48	42%	97,38	3,22	313,55	3	28,8	1,84
EP/S-14I	16	48	33%	66,31	3,22	213,52	3	28,8	2,14
EP/S-15M	26	56	46%	87,93	3,22	283,15	2	45	4,07
EP/O-16P	25	56	45%	87,93	3,22	283,15	2	45	4,01
EP/O-17D	28	44	64%	141,07	3,22	454,24	2	45	2,79
EP/O-18M	44	96	45%	141,07	3,22	454,24	2	45	4,33
EP/O-19D	33	44	76%	141,07	3,22	454,24	2	45	3,30
EP/O-20D	35	63	55%	176,87	3,22	569,53	2	45	2,76
EP/O-21E	33	112	29%	176,87	3,22	569,53	2	45	2,58
EP/O-22M	28	64	44%	103,68	3,22	333,85	2	45	3,82
EP/O-23G	38	112	34%	175,87	3,22	566,29	2	45	3,00
EP/O-24P	26	56	47%	87,93	3,22	283,15	2	45	4,17
EP/O-25M	28	56	50%	87,93	3,22	283,15	2	45	4,47
EP/O-26M	15	56	26%	87,93	3,22	283,15	2	45	2,34
EP/O-27I	14	48	29%	81,56	3,22	262,62	3	28,8	1,55
EP/O-28I	20	50	41%	82,13	3,22	264,45	3	28,8	2,22
EP/O-29I	18	50	36%	71,35	3,22	229,73	3	28,8	2,23
EP/O-30I	17	48	34%	68,40	3,22	220,25	3	28,8	2,16

Fuente: cálculos de elaboración propia

ANEXO B. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO EN LIDER

Tabla 64. Renovaciones de aire mínimas en laboratorios, despachos y otros

SALAS, LABORATORIOS PLANTA SÓTANO	Promedio personas	Aforo máx.	Ocupación media	Superficie (m <sup>2</sup> )	Altura libre (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	IDA	Caudal ventilación mín.(m <sup>3</sup> /h)	Renovaciones aire mín.(1/h)
Taller de Arquitectura (Pecera)	32	64	50%	111,67	3,22	359,59	2	45	4,00
Taller de Maquetas	2	3	67%	70,70	3,22	227,64	3 F.	57,6	0,51
Salón de Actos	70	108	65%	126,56	3,22	407,53	3	28,8	4,95
Laboratorio invest. Aula Alan Turing	6	16	38%	82,75	3,22	266,46	2	45	1,01
Laboratorio invest. Aula Niklaus Wirth	6	16	38%	82,84	3,22	266,74	2	45	1,01
Sala de Reuniones. Claude Shannon	12	21	57%	118,09	3,22	380,23	2	45	1,42
Almacén Topografía	2	3	67%	22,83	3,22	73,50	Aulas	28,8	0,78
SALAS, LABORATORIOS PLANTA BAJA									
Laboratorio Técnico	6	12	50%	61,46	3,22	197,91	2	45	1,36
Laboratorio Investigación	6	12	50%	46,23	3,22	148,86	2	45	1,81
Sala de Reuniones	6	12	50%	48,12	3,22	154,94	2	45	1,74
Conserjería	2,5	3	83%	23,44	3,22	75,48	2	45	1,49
DESPACHOS									
Despachos Zona Oeste P1, P2 Mód. 1,2,3	11	22	50%	89,82	2,67	239,82	2	45	1,97
Despachos Zona Central P1, P2 Mód. 1,2,3	20	40	50%	159,55	2,67	426,00	2	45	2,06
Despachos Secretaria, Lab. P1, P2 Mód. 1	13	26	50%	133,60	2,67	356,71	2	45	1,64
Despachos Secretaria, Lab. P1, P2 Mód. 2	13	26	50%	154,51	2,67	412,54	2	45	1,42
Despachos Secretaria, Lab. P1, P2 Mód. 3	13	26	50%	154,46	2,67	412,40	2	45	1,42
ASEO									
Aseos PS y PB	3	5		21,48	3,22	69,17	2	64,19	0,93
Aseos despachos módulos	1	2		10,07	2,67	26,88	2	30,08	1,12
Aseos módulos cabecera	1	2		9,26	2,67	24,73	2	27,68	1,12
Aseos Planta Sótano Laboratorios	1	2		17,91	3,22	57,65	2	53,50	0,93
Aseos y vestuario Planta Baja Conserjería	1	3		26,10	3,22	84,03	2	77,98	0,93
Promedio	19	43	48%	97,33	3,21	315,92		43,26	2,49

Fuente: cálculos de elaboración propia

### **ANEXO B.3.2. ESTUDIO DE LA OCUPACIÓN HORARIA DE PERSONAS POR ESPACIOS**

En este estudio se establece y compara la variación del número de horas que se usaron las aulas del edificio en el curso 2012/13 y el curso 2013/14. La información ha sido tomada a través de la *Unidad Técnica de Calidad de la Universidad de Alicante*.

La información horaria obtenida se usa como referencia para el cálculo de consumo eléctrico estimado para iluminación y equipamiento, que puede consultarse en el **ANEXO F.1. Cálculo de consumos de iluminación y equipamiento del edificio**.

También se halla la ocupación de personas por cada aula y su variación durante estos cursos, cuya información es útil para establecer los cálculos de renovación por hora, la superficie ocupada por persona; y como finalidad última, analizar si la variación de la ocupación de personas en las aulas tiene una relación directa con la variación de los consumos eléctricos anuales del edificio, pues en principio se observa que se han reducido también en los últimos años desde 2011/12.

ANEXO B. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO EN LIDER

Tabla 65. Estudio variación anual horas docencia entre curso 2012/13 y 2013/14

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR IV	Curso 2012/13			Curso 2013/14			Comparativa cursos 2012/13-2013/14		
	Ocupación	Disponibilidad	% Ocupación	Ocupación	Disponibilidad	% Ocupación	Diferencia	Dif.anual	Var.Ocup.%
<b>Espacios</b>	<b>29.742</b>	<b>83.790</b>	<b>35,50%</b>	<b>33.519</b>	<b>82.320</b>	<b>40,72%</b>	<b>-3777</b>	<b>1.470</b>	<b>-12,70%</b>
(EP/S-01D) AULA DE DIBUJO 1 - SÓTANO	1.076	2.394	44,95%	656	2.352	27,89%	420	42	39,03%
(EP/S-02M) AULA 2 - PLANTA SÓTANO	952	2.394	39,77%	1.186	2.352	50,43%	-234	42	-24,58%
(EP/S-03D) AULA DE DIBUJO 3 - SÓTANO	1.164	2.394	48,62%	904	2.352	38,44%	260	42	22,34%
(EP/S-04E) AULA ANÁLISIS DE FORMAS	887	2.394	37,05%	644	2.352	27,38%	243	42	27,40%
(EP/S-05D) AULA DE DIBUJO 5 - SÓTANO	60	2.394	2,51%	386	2.352	16,41%	-326	42	-543,33%
(EP/S-06D) AULA DE DIBUJO 6 - SÓTANO	952	2.394	39,77%	977	2.352	41,54%	-25	42	-2,63%
(EP/S-07D) AULA DE DIBUJO 7 - SÓTANO	640	2.394	26,73%	1.080	2.352	45,92%	-440	42	-68,75%
(EP/S-08M) AULA 8 - PLANTA SÓTANO	948	2.394	39,60%	1.419	2.352	60,33%	-471	42	-49,68%
(EP/S-09G) AULA 9 - PLANTA SÓTANO	1.348	2.394	56,31%	1.392	2.352	59,18%	-44	42	-3,26%
(EP/S-10P) AULA 10 - PLANTA SÓTANO	1.109	2.394	46,32%	1.132	2.352	48,13%	-23	42	-2,07%
(EP/S-11P) AULA 11 - PLANTA SÓTANO	928	2.394	38,76%	1.241	2.352	52,76%	-313	42	-33,73%
(EP/S-12M) AULA 12 - PLANTA SÓTANO	1.335	2.394	55,76%	1.359	2.352	57,78%	-24	42	-1,80%
EP/S-13I AULA INFORMÁTICA P. SÓTANO	1.122	2.394	46,87%	1.414	2.352	60,12%	-292	42	-26,02%
EP/S-14I AULA INFORMÁTICA - SÓTANO	920	2.394	38,43%	1.138	2.352	48,38%	-218	42	-23,70%
(EP/S-15M) AULA 15 - PLANTA SÓTANO	1.181	2.394	49,33%	968	2.352	41,16%	213	42	18,04%
(EP/O-16P) AULA 16	1.123	2.394	46,91%	886	2.352	37,67%	237	42	21,10%
(EP/O-17D) AULA DE DIBUJO	595	2.394	24,85%	1.018	2.352	43,28%	-423	42	-71,09%
(EP/O-18M) AULA 18	1.418	2.394	59,23%	1.363	2.352	57,95%	55	42	3,88%
(EP/O-19D) AULA DE DIBUJO	697	2.394	29,11%	937	2.352	39,84%	-240	42	-34,43%
(EP/O-20D) AULA DE DIBUJO	1.194	2.394	49,87%	999	2.352	42,47%	195	42	16,33%
(EP/O-21E) LAB. INST. - DTO. EU P. BAJA	697	2.394	29,11%	868	2.352	36,90%	-171	42	-24,53%
(EP/O-22M) AULA 22	1.083	2.394	45,24%	1.448	2.352	61,56%	-365	42	-33,70%
(EP/O-23G) AULA 23	1.455	2.394	60,78%	1.227	2.352	52,17%	228	42	15,67%
(EP/O-24P) AULA 24	904	2.394	37,76%	1.107	2.352	47,07%	-203	42	-22,46%
(EP/O-25M) AULA 25	855	2.394	35,71%	812	2.352	34,52%	43	42	5,03%
(EP/O-26M) AULA 26	984	2.394	41,10%	1.074	2.352	45,66%	-90	42	-9,15%
EP/O-27I AULA DE INFORMÁTICA 27I	980	2.394	40,94%	1.362	2.352	57,91%	-382	42	-38,98%
EP/O-28I AULA DE INFORMÁTICA 28I	1.113	2.394	46,49%	1.402	2.352	59,61%	-289	42	-25,97%
EP/O-29I AULA DE INFORMÁTICA 29I	782	2.394	32,66%	1.149	2.352	48,85%	-367	42	-46,93%
EP/O-30I AULA DE INFORMÁTICA 30I	851	2.394	35,55%	1.032	2.352	43,88%	-181	42	-21,27%
SALA DE JUNTAS (DTO.EDIFIC.Y URB.) P.1	118	2.394	4,93%	310	2.352	13,18%	-192	42	-162,71%
SALA DE REUNIONES - PLANTA 1	28	2.394	1,17%	157	2.352	6,68%	-129	42	-460,71%
SALA DE REUNIONES - PLANTA 2	66	2.394	2,76%	162	2.352	6,89%	-96	42	-145,45%
SALA DE REUNIONES. CLAUDE SHANNON P.B.	135	2.394	5,64%	271	2.352	11,52%	-136	42	-100,74%
SEMINARIO - PLANTA 1	42	2.394	1,75%	39	2.352	1,66%	3	42	7,14%
Fuente: cálculos de elaboración propia a partir de la información proporcionada por la Unidad Técnica de Calidad de la Universidad de Alicante								Promedio	-51,48%

ANEXO B. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO EN LIDER

Tabla 66. Estudio ocupación personas por aulas y su variación entre curso 2012/12 y 2013/14

AULAS	Curso 2013/14			Curso 2012/13		Comparación Cursos 2013/14-2012/13		
	Promedio personas	Aforo máx. alumnos	Ocupación	Promedio personas	Ocupación	Dif. promedio personas	Var. Ocupación %	Var. Personas %
EP/S-01D	34	84	40%	29	35%	4	5%	13%
EP/S-02M	23	96	23%	46	48%	-23	-24%	-103%
EP/S-03D	27	84	33%	36	43%	-9	-10%	-32%
EP/S-04E	34	45	75%	37	82%	-3	-6%	-9%
EP/S-05D	14	48	29%	29	59%	-14	-30%	-102%
EP/S-06D	34	63	54%	40	64%	-6	-10%	-18%
EP/S-07D	21	63	33%	34	54%	-13	-20%	-61%
EP/S-08M	34	64	54%	45	71%	-11	-17%	-32%
EP/S-09G	38	112	34%	43	38%	-5	-5%	-13%
EP/S-10P	25	56	45%	26	46%	-1	-1%	-2%
EP/S-11P	24	56	43%	24	43%	0	0%	0%
EP/S-12M	32	56	57%	36	65%	-4	-7%	-12%
EP/S-13I	20	48	42%	16	34%	4	8%	19%
EP/S-14I	16	48	33%	16	33%	0	0%	-1%
EP/S-15M	26	56	46%	23	41%	3	5%	11%
EP/O-16P	25	56	45%	34	62%	-9	-16%	-37%
EP/O-17D	28	44	64%	35	79%	-6	-15%	-23%
EP/O-18M	44	96	45%	28	29%	15	16%	35%
EP/O-19D	33	44	76%	32	73%	1	2%	3%
EP/O-20D	35	63	55%	41	65%	-6	-9%	-17%
EP/O-21E	33	112	29%	30	27%	3	2%	9%
EP/O-22M	28	64	44%	29	46%	-1	-1%	-3%
EP/O-23G	38	112	34%	35	31%	3	2%	7%
EP/O-24P	26	56	47%	22	39%	4	7%	16%
EP/O-25M	28	56	50%	33	58%	-4	-8%	-16%
EP/O-26M	15	56	26%	29	52%	-15	-26%	-99%
EP/O-27I	14	48	29%	19	40%	-5	-10%	-35%
EP/O-28I	20	50	41%	21	41%	0	0%	-1%
EP/O-29I	18	50	36%	17	34%	1	2%	5%
EP/O-30I	17	48	34%	19	39%	-2	-5%	-13%
Promedio Aulas	27	64	43%	30	49%	-3	-6%	-17%

Fuente: cálculos de elaboración propia a partir de la información proporcionada por la Unidad Técnica de Calidad y Servicio de Informática de la Universidad de Alicante

### ANEXO B.3.3. TOMA DE DATOS Y CÁLCULOS DE HUECOS Y LAMAS HORIZONTALES

Se agrupan las ventanas de diferentes aulas según su orientación. Se definen tipos de ventanas según la anchura de las ventanas, pues la altura es la misma para casi todas. Se calcula la superficie total de cada ventana y se multiplica por el número de ventanas del mismo tipo para la misma orientación y la serie de aulas que disponen de las mismas.

Se halla la superficie practicable de las ventanas que tienen abertura con eje horizontal. Según la relación entre superficie practicable y superficie fija de una misma ventana, se interpola para hallar un valor de renovación de aire, comprendido entre una ventana de permeabilidad al aire clase A2 y clase A3. También se indica la fracción de marco de cada ventana. Estos datos se utilizan para definir las propiedades de los huecos en la base de datos *de LIDER-Calener VyP*.

Por otro lado, cada ventana dispone de una franja de lamas horizontales cuyo ángulo de inclinación se observa se mantiene durante todo el año porque el mecanismo de giro de lamas está estropeado actualmente por lo general en todas las aulas. El ángulo de inclinación se corrige posteriormente porque las lamas horizontales no cubren la totalidad de la ventana, sino que el primer metro de altura no se cubre.

El ángulo de inclinación de lamas se utiliza en *LIDER-Calener VyP* para definir las lamas horizontales como elemento de sombreado de las ventanas, entre otras propiedades descritas en el proyecto.



ANEXO B. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO EN LIDER

Tabla 67. Toma de datos de ventanas. Dimensiones, permeabilidad al aire, ángulo inclinación lamas

AULA	ORIENTACIÓN	TIPO	Nº	Ancho (m)	Alto (m)	Superf. Ud (m²)	Superf. Total (m²)	S.fija (m²)	S.practicable (m²)	P/F	Clase A2	Clase A3	Perm.aire (m³/m²*h)	% Marco	Ángulo β Lamas Horiz.	B Corregido
EP/S-01D, EP/S-03D, EP/S-05D, EP/0-17D, EP/0-19D, Lab.Invest.PB	OESTE	V1	6	2,05	3,22	6,60	39,61	4,55	2,05	0,45	20,00	7,00	12,86	20%	84,00	58
	OESTE	V2	6	2,20	3,22	7,08	42,50	4,88	2,20	0,45	20,00	7,00	12,86	19%	84,00	58
	OESTE	V3	6	1,25	3,22	4,03	24,15	2,78	1,25	0,45	20,00	7,00	12,86	24%	54,00	37
	ESTE	V1	4	2,05	3,22	6,60	26,40	4,55	2,05	0,45	20,00	7,00	12,86	20%	89,00	61
	ESTE	V2	4	2,20	3,22	7,08	28,34	4,88	2,20	0,45	20,00	7,00	12,86	19%	89,00	61
	ESTE	V3	4	1,25	3,22	4,03	16,10	2,78	1,25	0,45	20,00	7,00	12,86	24%	89,00	61
	SUR	V4	4	2,00	3,22	6,44	25,76	4,44	2,00	0,45	20,00	7,00	12,86	20%	45,00	31
	SUR	V5	8	2,08	3,22	6,70	53,58	4,62	2,08	0,45	20,00	7,00	12,86	20%	69,17	48
	NORTE	V4	2	2,00	3,22	6,44	12,88	4,44	2,00	0,45	20,00	7,00	12,86	20%	87,42	60
EP/S-02M, EP/0-18M, EP/S-08M, EP/0-22M	NORTE	V5	10	2,08	3,22	6,70	66,98	4,62	2,08	0,45	20,00	7,00	12,86	20%	87,42	60
	OESTE	V6	2	0,80	3,22	2,58	5,15	2,58	0,00	0,00	20,00	7,00	7,00	25%	67,50	47
	OESTE	V7	2	2,19	3,22	7,05	14,10	4,86	2,19	0,45	20,00	7,00	12,86	19%	67,50	47
	OESTE	V8	2	2,10	3,22	6,76	13,52	4,66	2,10	0,45	20,00	7,00	12,86	20%	67,50	47
	ESTE	V6	2	0,80	3,22	2,58	5,15	2,58	0,00	0,00	20,00	7,00	7,00	25%	48,00	33
	ESTE	V7	2	2,19	3,22	7,05	14,10	4,86	2,19	0,45	20,00	7,00	12,86	19%	48,00	33
	ESTE	V8	2	2,10	3,22	6,76	13,52	4,66	2,10	0,45	20,00	7,00	12,86	20%	48,00	33
	NORTE	V34	4	2,15	2,72	5,84	23,37	5,84	0,00	0,00	20,00	7,00	7,00	11%	48,00	33
	NORTE	V35	1	2,15	2,72	5,84	5,84	2,45	3,39	1,39	20,00	7,00	25,03	21%	48,00	33
EP/S-04E	NORTE	V9	16	2,03	3,22	6,54	104,59	4,51	2,03	0,45	20,00	7,00	12,86	20%	82,31	57
		V10	6	1,93	3,22	6,21	37,29	4,28	1,93	0,45	20,00	7,00	12,86	20%	82,31	57
		V11	2	2,03	3,22	6,54	13,07	4,39	2,14	0,49	20,00	7,00	13,33	23%	82,31	57
	SUR	V9	15	2,03	3,22	6,54	98,05	4,51	2,03	0,45	20,00	7,00	12,86	20%	58,75	41
		V10	6	1,93	3,22	6,21	37,29	4,28	1,93	0,45	20,00	7,00	12,86	20%	58,75	41
		V11	3	2,03	3,22	6,54	19,61	4,39	2,14	0,49	20,00	7,00	13,33	23%	58,75	41
	OESTE	V9	6	2,03	3,22	6,54	39,22	4,51	2,03	0,45	20,00	7,00	12,86	25%	78,00	54
	OESTE	V12	6	0,63	3,22	2,03	12,17	2,03	0,00	0,00	20,00	7,00	7,00	29%	78,00	54
	OESTE	V13	6	2,18	3,22	7,02	42,12	4,84	2,18	0,45	20,00	7,00	12,86	19%	78,00	54
EP/S-06D, EP/S-07D, EP/S-09G, EP/0-20D, EP/0-21E, EP/0-23G, Lab.tecnico, Taller maquetas	ESTE	V9	6	2,03	3,22	6,54	39,22	4,51	2,03	0,45	20,00	7,00	12,86	25%	85,80	59
	ESTE	V12	6	0,63	3,22	2,03	12,17	2,03	0,00	0,00	20,00	7,00	7,00	29%	70,00	48
	ESTE	V13	4	2,18	3,22	7,02	28,08	4,84	2,18	0,45	20,00	7,00	12,86	19%	-	0
	EP/S-14I, EP/0-28I	V14	2	1,94	3,22	6,25	12,49	4,31	1,94	0,45	20,00	7,00	12,86	20%	89,00	61
	EP/0-29I,	V1	2	2,05	3,22	6,60	13,20	4,55	2,05	0,45	20,00	7,00	12,86	20%	55,00	38
	Laboratorio Alan Turing	V15	2	0,77	3,22	2,48	4,96	2,48	0,00	0,00	20,00	7,00	7,00	26%	88,00	61

Fuente: cálculos de elaboración propia

ANEXO B. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO EN LIDER

AULA	ORIENTACIÓN	TIPO	Nº	Ancho (m)	Alto (m)	Superf. Ud (m²)	Superf. Total (m²)	S.fija (m²)	S.practicable (m²)	P/F	Clase A2	Clase A3	Perm.aire (m³/m²*h)	% Marco	Ángulo β Lamas Horiz.	B Corregido
EP/0-30I, Laboratorio Niklaus Wirth, Sala Reuniones. Claude	ESTE	V16	2	1,98	3,22	6,38	12,75	4,40	1,98	0,45	20,00	7,00	12,86	20%	42,50	29
	ESTE	V17	2	1,70	3,22	5,47	10,95	3,77	1,70	0,45	20,00	7,00	12,86	21%	42,50	29
	ESTE	V18	2	2,14	3,22	6,89	13,78	4,75	2,14	0,45	20,00	7,00	12,86	20%	42,50	29
	ESTE	V8	2	2,10	3,22	6,76	13,52	4,66	2,10	0,45	20,00	7,00	12,86	20%	42,50	29
	ESTE	V19	2	0,76	3,22	2,45	4,89	2,45	0,00	0,00	20,00	7,00	7,00	26%	42,50	29
Conserjería	ESTE	V20	2	4,50	3,22	14,49	28,98	8,99	5,50	0,61	60,00	7,00	39,44	22%	-	0
Salón de Actos	ESTE	V3	1	1,25	3,22	4,03	4,03	2,78	1,25	0,45	20,00	7,00	12,86	24%	70,50	49
	ESTE	V13	2	2,18	3,22	7,02	14,04	4,84	2,18	0,45	20,00	7,00	12,86	20%	70,50	49
	ESTE	V18	1	2,14	3,22	6,89	6,89	4,75	2,14	0,45	20,00	7,00	12,86	20%	70,50	49
	ESTE	V21	1	2,24	3,22	7,20	7,20	7,20	0,00	0,00	20,00	7,00	7,00	46%	70,50	49
PECERA	ESTE	V22	1	23,51	3,22	75,70	75,70	75,70	0,00	0,00	20,00	7,00	7,00	6%	-	0
	OESTE	V22	1	23,51	3,22	75,70	75,70	75,70	0,00	0,00	20,00	7,00	7,00	6%	-	0
	NORTE	V23	1	4,75	3,22	15,30	15,30	15,30	6,12	0,40	60,00	27,00	40,20	16%	-	0
	SUR	V23	1	4,75	3,22	15,30	15,30	15,30	6,12	0,40	60,00	27,00	40,20	16%	-	0
Muro cortina	NORTE	MC1	6	81,94	2,39	195,43	1172,57	180,55	14,88	0,08	20,00	7,00	8,07	17%	-	0
Muro cortina Oeste	OESTE	MC2	6	1,55	2,67	4,14	24,83	4,14	1,24	0,30	20,00	7,00	10,90	26%	70,00	48
Muro cortina Este	ESTE	MC2	6	1,55	2,67	4,14	24,83	4,14	1,24	0,30	20,00	7,00	10,90	26%	50,00	34
Desp. Z. Oeste P1 M1	SUR	V24	48	0,35	1,05	0,37	17,64	0,37	0,37	1,00	20,00	7,00	20,00	68%	-	0
Desp. Z. Central P1 M1	SUR	V24	84	0,35	1,05	0,37	30,87	0,37	0,37	1,00	20,00	7,00	20,00	68%	-	0
Patio interior Sótano	NORTE	V25	1	1,90	3,22	6,12	6,12	2,13	3,99	1,88	20,00	7,00	31,38	28%	-	0
	OESTE	V26	2	2,20	3,22	7,08	14,17	7,08	0,00	0,00	20,00	7,00	7,00	15%	-	0
	OESTE	V27	2	1,90	3,22	6,12	12,24	6,12	0,00	0,00	20,00	7,00	7,00	16%	-	0
	OESTE	V28	3	1,90	0,66	1,25	3,76	0,00	1,25	0,00	20,00	7,00	20,00	51%	85,00	85
	OESTE	V29	1	1,00	2,73	2,73	2,73	0,66	2,07	3,14	20,00	7,00	47,77	31%	-	0
	OESTE	V30	1	1,00	0,66	0,66	0,66	0,66	0,00	0,00	20,00	7,00	7,00	31%	-	0
Cuarto instalaciones PB	OESTE	V31	1	1,60	2,10	3,36	3,36	0,00	3,36	-	60,00	7,00	60,00	35%	45,00	45
	OESTE	V32	2	0,93	2,10	1,95	3,91	0,00	1,95	-	60,00	7,00	60,00	34%	45,00	45
	NORTE	V33	1	1,90	3,22	6,12	6,12	0,00	6,12	-	20,00	7,00	60,00	28%	45,00	45
Secretarías Módulos	SUR	V9	18	2,03	2,67	5,42	97,56	3,39	2,03	0,60	20,00	7,00	14,78	20%	27,50	19
		V10	6	1,93	2,67	5,15	30,92	3,22	1,93	0,60	20,00	7,00	14,78	20%	27,50	19
	OESTE	V31	4	0,92	2,67	2,46	9,83	1,64	0,82	0,50	20,00	7,00	13,50	29%	-	0
	OESTE	V9	2	2,03	2,67	5,42	10,84	3,39	2,03	0,60	20,00	7,00	14,78	25%	25,60	18
	OESTE	V12	2	0,63	2,67	1,68	3,36	1,68	0,00	0,00	20,00	7,00	7,00	29%	25,60	18
	OESTE	V13	2	2,18	2,67	5,82	11,64	3,64	2,18	0,60	20,00	7,00	14,78	19%	25,60	18

Fuente: cálculos de elaboración propia

### ANEXO B.3.4. DATOS POR ESPACIOS EN LIDER

Se muestra a continuación el resumen de datos que solicita *LIDER-Calener VyP* para definir cada espacio del edificio, que a su vez se repiten en otras tablas de cálculo de este mismo ANEXO B.

Tabla 68. Nº pilares, renovaciones de aire, potencia iluminación, VEEI, de aulas y salas

AULA	Nº Pilares	Renovaciones aire mín.(1/h)	Potencia (W/m2)	VEEI	VEEI lím.
EP/S-01D	16	3,33	14,63	3,54	3,50
EP/S-02M	15	2,23	14,63	3,97	3,50
EP/S-03D	16	2,71	14,63	3,54	3,50
EP/S-04E	18	1,53	23,42	9,40	3,50
EP/S-05D	8	2,80	18,29	4,96	3,50
EP/S-06D	16	2,69	15,56	3,86	3,50
EP/S-07D	16	1,67	15,56	3,86	3,50
EP/S-08M	13	4,65	13,27	2,41	3,50
EP/S-09G	17	2,99	15,65	3,26	3,50
EP/S-10P	10	4,02	15,65	4,04	3,50
EP/S-11P	10	3,79	15,65	4,04	3,50
EP/S-12M	10	5,12	15,65	4,04	3,50
EP/S-13I	11	1,84	10,60	2,80	3,50
EP/S-14I	7	2,14	15,56	4,12	3,50
EP/S-15M	10	4,07	15,65	4,04	3,50
EP/O-16M	10	4,01	15,65	4,04	3,50
EP/O-17D	16	2,79	14,63	3,54	3,50
EP/O-18M	15	4,33	14,63	3,97	3,50
EP/O-19D	16	3,30	14,63	3,54	3,50
EP/O-20D	16	2,76	15,56	3,86	3,50
EP/O-21E	16	2,58	15,56	3,86	3,50
EP/O-22M	13	3,82	13,27	2,41	3,50
EP/O-23G	17	3,00	15,65	3,26	3,50
EP/O-24P	10	4,17	15,65	4,04	3,50
EP/O-25M	10	4,47	15,65	4,04	3,50
EP/O-26M	10	2,34	15,65	4,04	3,50
EP/O-27I	9	1,55	21,09	5,58	3,50
EP/O-28I	7	2,22	20,94	5,54	3,50
EP/O-29I	6	2,23	14,46	3,83	3,50
EP/O-30I	7	2,16	15,09	3,99	3,50
SALAS, LABORATORIOS PLANTA SÓTANO					
Taller de Arquitectura (Pecera)	0	4,00	20,60	4,11	3,50
Taller de Maquetas	8	0,51	10,95	2,85	3,50
Salón de Actos	10	4,95	13,59	4,74	8,00
Laboratorio invest. Aula Alan Turing	8	1,01	20,79	3,79	3,50
Laboratorio invest. Aula Niklaus Wirth	6	1,01	20,76	3,78	3,50
Sala de Reuniones. Claude Shannon	9	1,42	14,57	2,65	3,50
Almacén Sala Reuniones	5	-	0,00	-	3,50
Almacén Topografía	3	0,78	7,54	2,69	3,50
Almacén Salón de Actos	5	0,00	0,00	-	3,50
SALAS, LABORATORIOS PLANTA BAJA					
Laboratorio Técnico	7	1,36	16,79	3,06	3,50
Laboratorio Investigación	4	1,81	16,74	3,05	3,50
Sala de Reuniones	3	1,74	10,72	1,95	3,50
Conserjería	0	1,49	15,70	5,54	3,50
Cuartos Instalaciones	8	0,00	0,00	-	3,50

Fuente: cálculos de elaboración propia

ANEXO B. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO EN LIDER

Tabla 69. Nº pilares, renovaciones de aire, potencia iluminación, VEEI, de despachos, aseos y pasillos

DESPACHOS	Nº Pilares	Renovaciones aire mín.(1/h)	Potencia (W/m2)	VEEI	VEEI lím.
Despachos Z. Oeste P1, P2 Mód. 1,2,3	18	1,97	16,39	5,77	3,50
Despachos Z. Central P1, P2 Mód. 1,2,3	32	2,06	16,15	5,68	3,50
Despachos Secretaria, Lab. P1, P2 Mód. 1	16	1,64	19,28	3,98	3,50
Despachos Secretaria, Lab. P1, P2 Mód. 2	16	1,42	16,67	3,44	3,50
Despachos Secretaria, Lab. P1, P2 Mód. 3	16	1,42	16,68	3,44	3,50
ASEO					
Aseos PS y PB	5	0,93	25,14	11,37	4,00
Aseos despachos módulos	2	1,12	23,84	8,01	4,00
Aseos módulos cabecera	2	1,12	25,91	8,70	4,00
Aseos Planta Sótano Laboratorios	0	0,93	26,81	9,01	4,00
Aseos y vestuario Planta Baja Conserjería	2	0,93	25,29	8,50	4,00
PASILLOS INTERIORES					
Pasillos Zona Oeste P1, P2 Módulos 1,2,3	0	0,00	9,88	4,16	3,50
Pasillos Zona Central P1, P2 Módulos 1,2,3	0	0,00	9,27	3,91	3,50
Pasillos Secretaria, Lab. P1, P2 Módulo 1	0	0,00	7,63	3,21	3,50
Pasillos Secretaria, Lab. P1, P2 Módulo 2	0	0,00	8,85	3,73	3,50
Pasillos Secretaria, Lab. P1, P2 Módulo 3	0	0,00	10,79	4,55	3,50
Pasillos laboratorios sótano	10	0,93	11,77	4,96	4,00
Pasillo/Recepción Conserjería Planta Baja	5	0,00	16,31	6,88	3,50
Pasillo laboratorios Planta Baja	3	0,00	8,96	3,78	3,50
		2,45		4,48	

Fuente: cálculos de elaboración propia

### ANEXO B.3.5. CÁLCULO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ILUMINACIÓN VEEI

Se detallan a continuación las mediciones realizadas de la instalación de iluminación. La iluminancia mantenida  $E_m$ , es el promedio de mediciones tomadas con luxómetro en lux para cada espacio.

Se ha contabilizado el número de luminarias por aula, su consumo eléctrico unitario y su consumo adicional por balasto y cebador para hallar el consumo eléctrico por superficie y el valor *VEEI* correspondiente.

Estos datos también se utilizan posteriormente para el cálculo estimado del consumo en iluminación del edificio, detallado en el **ANEXO F.1. Cálculo de consumos de iluminación y equipamiento del edificio.**

Se puede comprobar porqué el edificio obtiene *calificación energética D en iluminación*. Los valores *VEEI* marcados en rojo no cumplen con las limitaciones del *CTE*, mientras que los marcados en verde tienen un valor inferior a la limitación establecida por el tipo de uso de cada espacio del edificio.

También se ha medido en los pasillos, aunque en el programa *LIDER y Calener* no se consideran sus consumos en iluminación, porque son espacios no habitables y no acondicionados, pero se muestran como información adicional porque forman parte del consumo eléctrico de iluminación del edificio.

ANEXO B. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO EN LIDER

Tabla 70. Cálculo VEEI y potencia instalada iluminación por aulas

AULA	DESCRIPCIÓN	UD. GRUPO	LINEAS LUZ	CANTIDAD GRUPO	POTENCIA Ud. (W)	POTENCIA Luminarias (W)	Reactancia +Balasto (W)	Reactancia Total (W)	Em (LUX)	POTENCIA Total (W)	Superficie (m2)	Potencia (W/m2)	VEEI
EP/S-01D	T-8 2x36W 1,20 m	2	3	8	36	1728	7	336	413,28	2064	141,07	14,63	3,54
EP/S-02M	T-8 2x36W 1,20 m	2	3	8	36	1728	7	336	368,84	2064	141,07	14,63	3,97
EP/S-03D	T-8 2x36W 1,20 m	2	3	8	36	1728	7	336	413,28	2064	141,07	14,63	3,54
EP/S-04E	T-8 2x36W 1,20 m	2	5	8	36	2880	7	560	249,08	3440	146,86	23,42	9,40
EP/S-05D	T-8 2x36W 1,20 m	2	3	5	36	1080	7	210	368,83	1290	70,53	18,29	4,96
EP/S-06D	T-8 2x36W 1,20 m	2	4	8	36	2304	7	448	402,80	2752	176,87	15,56	3,86
EP/S-07D	T-8 2x36W 1,20 m	2	4	8	36	2304	7	448	402,80	2752	176,87	15,56	3,86
EP/S-08M	T-8 2x36W 1,20 m	2	4	4	36	1152	7	224	551,18	1376	103,68	13,27	2,41
EP/S-09G	T-8 2x36W 1,20 m	2	4	8	36	2304	7	448	480,34	2752	175,87	15,65	3,26
EP/S-10P	T-8 2x36W 1,20 m	2	4	4	36	1152	7	224	386,93	1376	87,93	15,65	4,04
EP/S-11P	T-8 2x36W 1,20 m	2	4	4	36	1152	7	224	386,93	1376	87,93	15,65	4,04
EP/S-12M	T-8 2x36W 1,20 m	2	4	4	36	1152	7	224	386,93	1376	87,93	15,65	4,04
EP/S-13I	T-8 2x36W 1,20 m	2	2	6	36	864	7	168	378,00	1032	97,38	10,60	2,80
EP/S-14I	T-8 2x36W 1,20 m	2	2	6	36	864	7	168	378,00	1032	66,31	15,56	4,12
EP/S-15M	T-8 2x36W 1,20 m	2	4	4	36	1152	7	224	386,93	1376	87,93	15,65	4,04
EP/O-16M	T-8 2x36W 1,20 m	2	4	4	36	1152	7	224	386,93	1376	87,93	15,65	4,04
EP/O-17D	T-8 2x36W 1,20 m	2	3	8	36	1728	7	336	413,28	2064	141,07	14,63	3,54
EP/O-18M	T-8 2x36W 1,20 m	2	3	8	36	1728	7	336	368,84	2064	141,07	14,63	3,97
EP/O-19D	T-8 2x36W 1,20 m	2	3	8	36	1728	7	336	413,28	2064	141,07	14,63	3,54
EP/O-20D	T-8 2x36W 1,20 m	2	4	8	36	2304	7	448	402,80	2752	176,87	15,56	3,86
EP/O-21E	T-8 2x36W 1,20 m	2	4	8	36	2304	7	448	402,80	2752	176,87	15,56	3,86
EP/O-22M	T-8 2x36W 1,20 m	2	4	4	36	1152	7	224	551,18	1376	103,68	13,27	2,41
EP/O-23G	T-8 2x36W 1,20 m	2	4	8	36	2304	7	448	480,34	2752	175,87	15,65	3,26
EP/O-24P	T-8 2x36W 1,20 m	2	4	4	36	1152	7	224	386,93	1376	87,93	15,65	4,04
EP/O-25M	T-8 2x36W 1,20 m	2	4	4	36	1152	7	224	386,93	1376	87,93	15,65	4,04
EP/O-26M	T-8 2x36W 1,20 m	2	4	4	36	1152	7	224	386,93	1376	87,93	15,65	4,04
EP/O-27I	T-8 2x36W 1,20 m	2	4	5	36	1440	7	280	378,00	1720	81,56	21,09	5,58
EP/O-28I	T-8 2x36W 1,20 m	2	4	5	36	1440	7	280	378,00	1720	82,13	20,94	5,54
EP/O-29I	T-8 2x36W 1,20 m	2	2	6	36	864	7	168	378,00	1032	71,35	14,46	3,83
EP/O-30I	T-8 2x36W 1,20 m	2	2	6	36	864	7	168	378,00	1032	68,40	15,09	3,99

Fuente: cálculos y mediciones de elaboración propia



ANEXO B. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO EN LIDER

Tabla 71. Cálculo VEEI y potencia instalada iluminación por salas, despachos, aseos y pasillos

SALAS, LABORATORIOS PLANTA SÓTANO	DESCRIPCIÓN	UD. GRUPO	LINEAS LUZ	CANTIDAD GRUPO	Potencia Ud. (W)	POTENCIA Luminarias (W)	Reactancia +Balasto (W)	Reactancia Total (W)	Em (LUX)	Potencia Total (W)	Superficie (m2)	Potencia (W/m2)	VEEI
Taller de Arquitectura (Pecera)	T-8 4x18W 0,60 m	4	1	25	18	1800	5	500	501,30	2300	111,67	20,60	4,11
Taller de Maquetas	T-8 2x36W 1,20 m	2	3	3	36	648	7	126	384,15	774	70,70	10,95	2,85
Salón de Actos	T-8 2x36W 1,20 m	2	5	4	36	1440	7	280	286,67	1720	126,56	13,59	4,74
Lab. Alan Turing	T-8 2x36W 1,20 m	2	4	5	36	1440	7	280	548,72	1720	82,75	20,79	3,79
Lab. Niklaus Wirth	T-8 2x36W 1,20 m	2	4	5	36	1440	7	280	548,72	1720	82,84	20,76	3,78
Sala Reuniones. Claude Shannon	T-8 2x36W 1,20 m	2	4	5	36	1440	7	280	548,72	1720	118,09	14,57	2,65
Almacén Topografía	T-8 2x36W 1,20 m	2	2	1	36	144	7	28	280,00	172	22,83	7,54	2,69
SALAS PLANTA BAJA													
Laboratorio Técnico	T-8 2x36W 1,20 m	2	3	4	36	864	7	168	548,72	1032	61,46	16,79	3,06
Laboratorio Investigación	T-8 2x36W 1,20 m	2	3	3	36	648	7	126	548,72	774	46,23	16,74	3,05
Sala de Reuniones	T-8 2x36W 1,20 m	2	2	3	36	432	7	84	548,72	516	48,12	10,72	1,95
Conserjería	T-8 4x18W 0,60 m	4	1	4	18	288	5	80	283,56	368	23,44	15,70	5,54
DESPACHOS			Despachos										
D. Zona Oeste P1, P2 Mód. 1,2,3	T-8 4x18W 0,60 m	4	8	2	18	1152	5	320	284,25	1472	89,82	16,39	5,77
D. Zona Central P1, P2 Mód. 1,2,3	T-8 4x18W 0,60 m	4	14	2	18	2016	5	560	284,25	2576	159,55	16,15	5,68
D. Secretaria, Lab. P1, P2 Mód. 1	T-8 4x18W 0,60 m	4	7	4	18	2016	5	560	484,22	2576	133,60	19,28	3,98
D. Secretaria, Lab. P1, P2 Mód. 2	T-8 4x18W 0,60 m	4	7	4	18	2016	5	560	484,22	2576	154,51	16,67	3,44
D. Secretaria, Lab. P1, P2 Mód. 3	T-8 4x18W 0,60 m	4	7	4	18	2016	5	560	484,22	2576	154,46	16,68	3,44
ASEO			Aseos										
Aseos PS y PB	Halógenos 50W	1	1	9	50	450	10	90	221,17	540	21,48	25,14	11,37
Aseos despachos módulos	Halógenos 50W	1	1	4	50	200	10	40	297,67	240	10,07	23,84	8,01
Aseos módulos cabecera	Halógenos 50W	1	1	4	50	200	10	40	297,67	240	9,26	25,91	8,70
Aseos Planta Sótano Laboratorios	Halógenos 50W	1	2	4	50	400	10	80	297,67	480	17,91	26,81	9,01
Aseos Conserjería Planta Baja	Halógenos 50W	1	1	11	50	550	10	110	297,67	660	26,10	25,29	8,50
PASILLOS INTERIORES													
P. Zona Oeste P1, P2 Mód. 1,2,3	Downlight 26W	1	1	9	26	234	7	63	237,25	297	30,07	9,88	4,16
P. Zona Central P1, P2 Mód. 1,2,3	Downlight 26W	1	1	15	26	390	7	105	237,25	495	53,41	9,27	3,91
P. Secretaria, Lab. P1, P2 Mód. 1	Downlight 26W	1	1	10	26	260	7	70	237,25	330	43,28	7,63	3,21
P. Secretaria, Lab. P1, P2 Mód. 2	Downlight 26W	1	1	6	26	156	7	42	237,25	198	22,37	8,85	3,73
P. Secretaria, Lab. P1, P2 Mód. 3	Downlight 26W	1	1	7	26	182	7	49	237,25	231	21,41	10,79	4,55
Pasillos laboratorios sótano	Downlight 26W	1	1	23	26	598	7	161	237,25	759	64,51	11,77	4,96
P.Recepción Conserjería PB	Downlight 26W	1	1	15	26	390	7	105	237,25	495	30,34	16,31	6,88
Pasillo laboratorios Planta Baja	Downlight 26W	1	1	3	26	78	7	21	237,25	99	11,05	8,96	3,78
													4,48

Fuente: cálculos y mediciones de elaboración propia

## ANEXO B.4. DEFINICIÓN GEOMÉTRICA DEL EDIFICIO EN LIDER

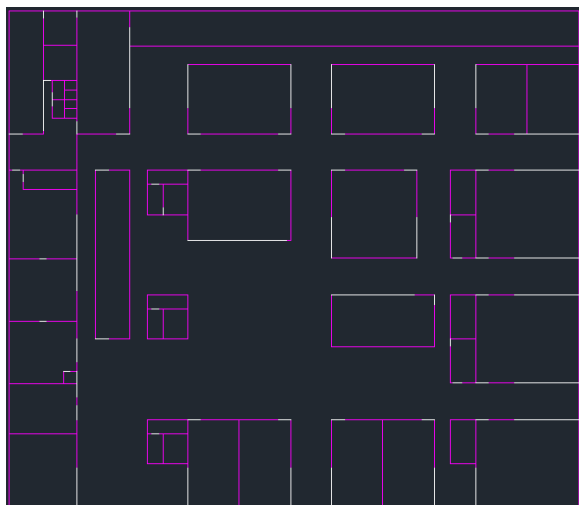


Figura 62. AutoCAD. Plantilla modificada con carpintería.  
Planta Sótano

Para comenzar a definir la geometría de las plantas y espacios, se carga la **plantilla** preparada desde *AutoCAD* y se inserta en *LIDER*, mediante el programa descrito anteriormente.

Las plantas y los espacios se crean seleccionando los *vértices o esferas*, que forman la *plantilla de líneas auxiliares* importadas a *LIDER*.

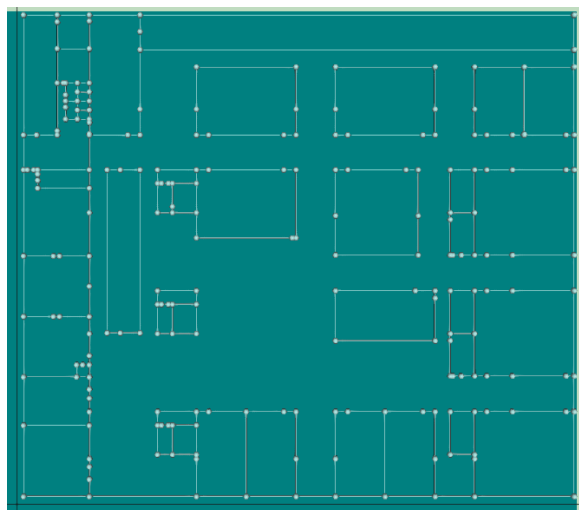


Figura 63. LIDER. Plantilla líneas auxiliares. Planta Sótano.

Los muros de planta sótano son tipo **muros exteriores**, y sólo son válidos los **muros en contacto con el terreno** de los creados automáticamente, según los tipos de cerramientos indicados en el panel de *Opciones* y **Construcción** de *LIDER*.

Como la planta baja está a cota + 0,57 m, se crean automáticamente dos muros de planta sótano, uno de tres metros de altura, **en contacto con el terreno**, y otro de **tipo cerramiento exterior** de 57 cm por encima de cota +0.

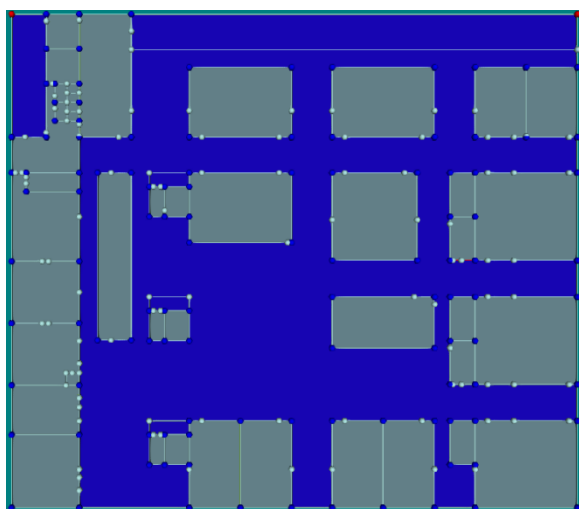


Figura 64. LIDER. Creación de Espacios. Planta Sótano

De los muros generados sólo se conservan los **muros perimetrales de contención de tierras**, pues el resto se eliminan y vuelven a crear manualmente, porque los muros exteriores de planta sótano no cambian la tipología de muro en su altura.

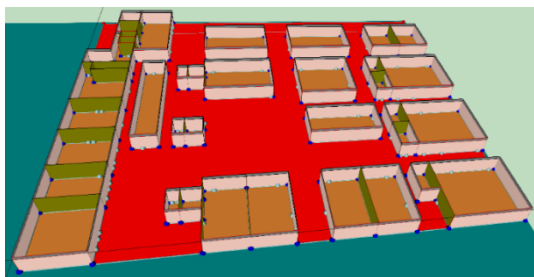


Figura 65. LIDER. Modelado Planta Sótano

Por tanto, por cada espacio se crean los cerramientos de nuevo **manualmente**, mediante **cerramientos singulares**. Se crea un *cerramiento singular* superpuesto al muro existente, después se elimina y finalmente el *cerramiento singular* se cambia a tipo **cerramiento exterior**.

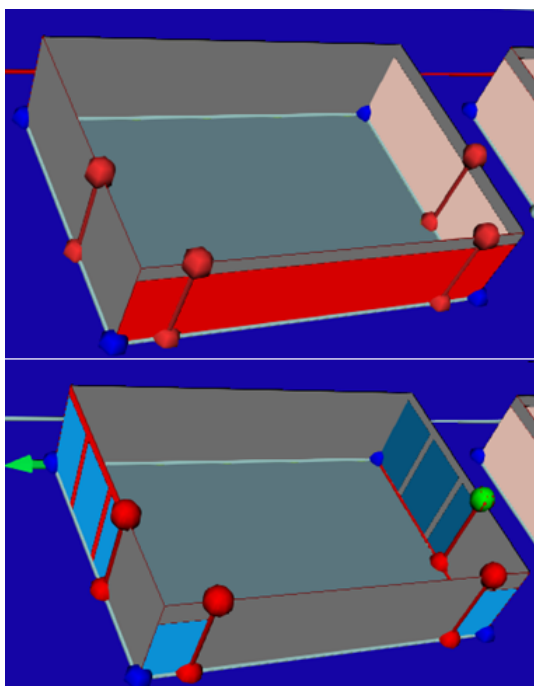


Figura 66. LIDER. Creación cerramientos exteriores de forma manual

Al crearse manualmente los muros, seleccionando *vértices o esferas* en *sentido antihorario*, se comprueba que **la normal** del cerramiento creado (flecha verde) apunta **hacia el exterior** de su espacio, porque si no *el cerramiento no recibe radiación exterior*, a efectos de cálculos internos del programa, según indica el manual de *LIDER*.

Hay que tener en cuenta que *el muro exterior cambia de tipo de sección constructiva* en cuanto coincide con **las puertas y ventanas**, por eso la carpintería se inserta en un cerramiento, distinto que el muro exterior general.

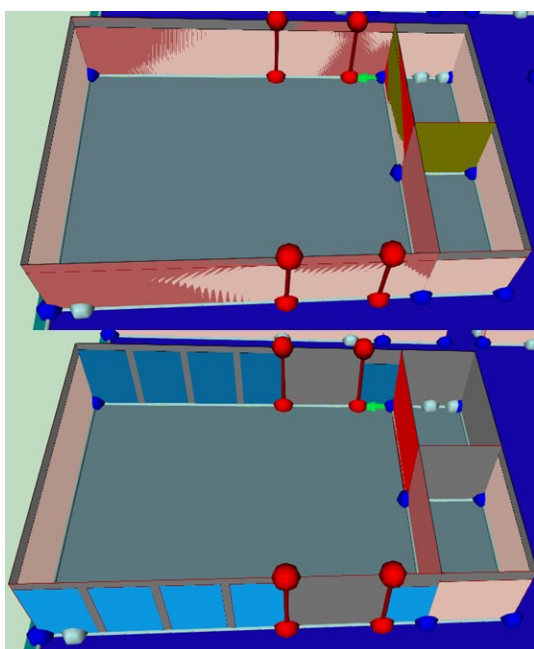


Figura 67. LIDER. Creación cerramientos en aula en contacto con aseo

La carpintería debe ajustarse perfectamente a las dimensiones de los muros que se definan para cada espacio, para ello, las *puertas y ventanas* están referenciadas en la *plantilla de líneas auxiliares*, con vértices superpuestos entre las líneas de los muros.

Las **puertas** de las aulas se insertan en un cerramiento de ladrillo hueco del 7 revestido, y las **ventanas** se insertan en un *cerramiento compuesto de hormigón armado*, de forma que

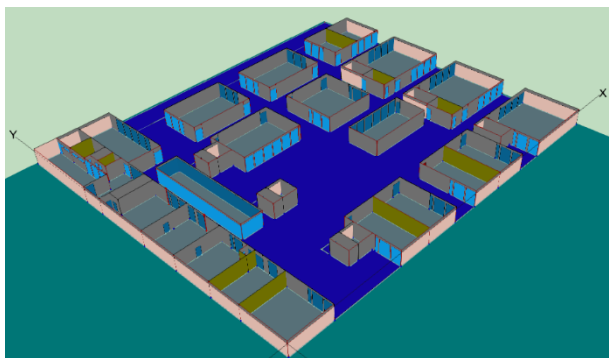


Figura 68. LIDER. Modelizado Planta Sótano

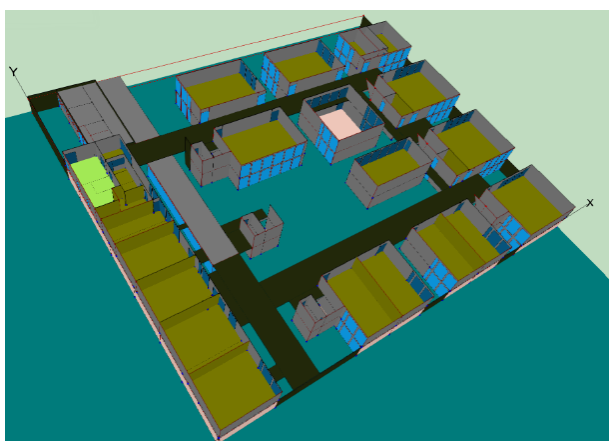


Figura 69. LIDER. Modelizado Planta Baja 1

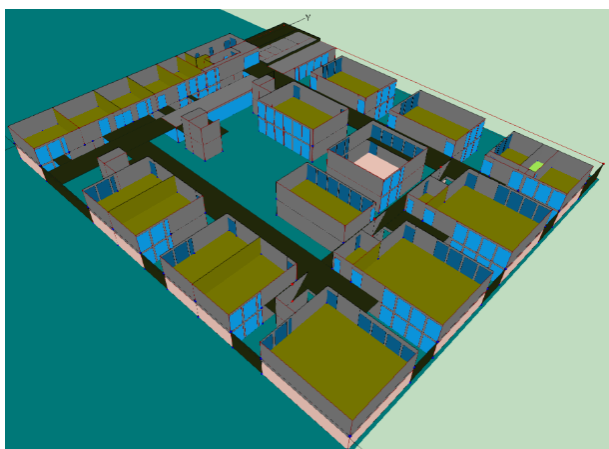


Figura 71. LIDER. Modelizado Planta Baja 2

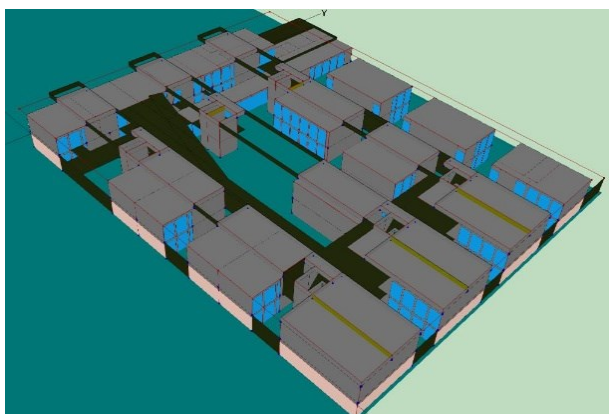


Figura 70. LIDER. Modelado entreplanta y cubiertas planta baja

la separación entre ventanas sea 30 cm de hormigón armado, dimensión que corresponde a los **pilares** que las separan entre sí.

Para crear un nuevo muro con estas condiciones, se crean **líneas auxiliares 3D** desde **LIDER**, se pulsa dos veces en una esfera de la plantilla de líneas auxiliares, situada a lo largo del muro; y en la ventana emergente, se introduce manualmente la cota del primer y segundo punto en la misma vertical, en este caso de -3,00 m a +0,57 m para la planta sótano.

El cerramiento entre el aula y el aseo se define como cerramiento partición interior y tipo *estándar*, es decir, es un cerramiento que intercambia calor con las zonas adyacentes.

Se crean *forjados automáticos*, y sólo se editan los suelos de los *aseos* y *Taller de Arquitectura* por su tipo de suelo correspondiente.

Para crear la planta baja, se selecciona en **LIDER**, la planta sótano como *planta anterior*, **Igual a Planta Sótano**, y **Aceptar Espacios Anteriores**. De esta forma crea una planta copiada idéntica, con los mismos espacios, ventanas y propiedades de elementos.



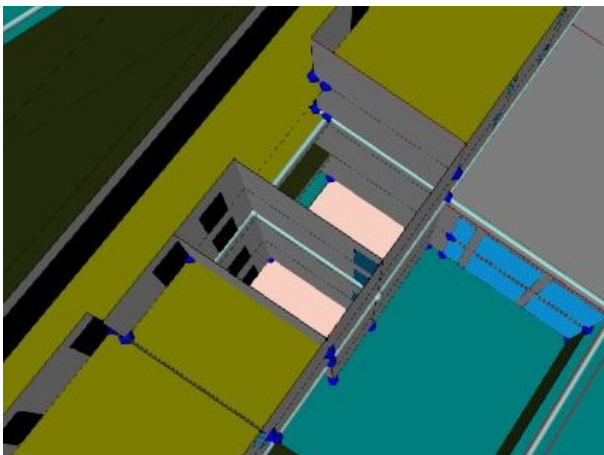


Figura 73. LIDER. Unión espacios no habitables de escaleras y ascensor desde sótano a planta segunda

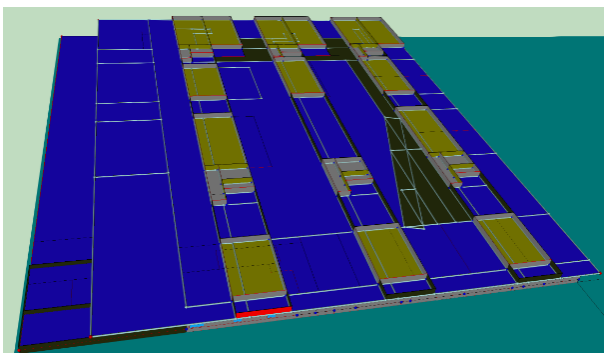


Figura 74. LIDER. Modelado Entreplanta y Cubiertas Planta Baja

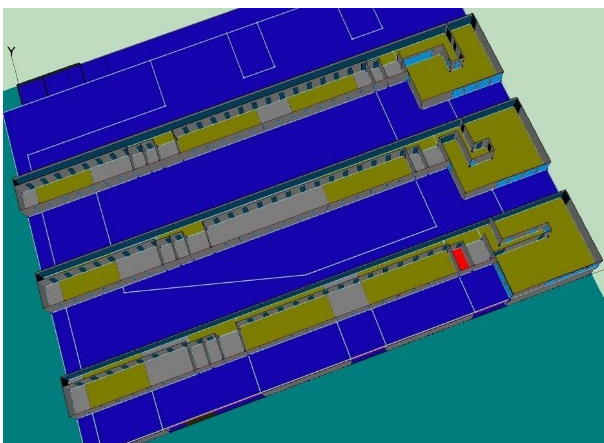


Figura 76. LIDER. Modelado finalizado Planta primera módulos

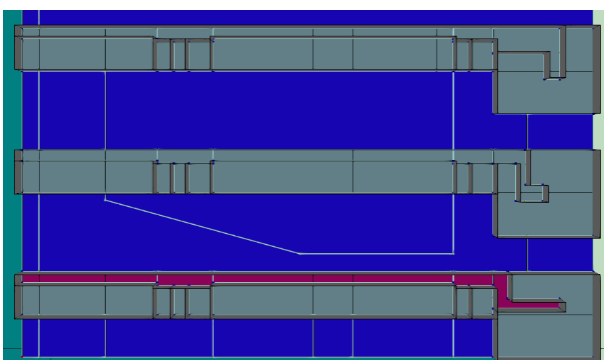


Figura 75. LIDER. Modelado pasillos de los Módulos

En la planta baja, se edita la *zona Oeste del edificio*, porque cambia la *distribución interior* y sus espacios, también sobre el espacio del *Taller de maquetas*, que hay *laboratorios*.

Para terminar la planta baja, se crean **sombras**, que corresponden a los *pasillos exteriores del edificio*, y a los *muros de contención*, que no forman parte de los espacios interiores.

Después se crea una *nueva planta* de 0,91 metros de altura, que es la distancia entre el forjado de techo de planta baja y cubierta y la línea de pavimento de la primera planta de los módulos.

En esa *entreplanta sólo hay espacios no habitables*, que se ubican encima de las aulas, con dimensiones igual a la proyección de los módulos superiores sobre las aulas donde descansan.

Entre esos espacios también se crean espacios para las *cajas de escaleras* y los *cuartos de máquinas e instalaciones verticales*, y también **sombras**, unas que cubren la parte de **cubierta** que hay sobre los pasillos exteriores, y otras **sombras verticales**, alineadas a la fachada de los módulos que cubren los espacios no habitables de entreplanta.

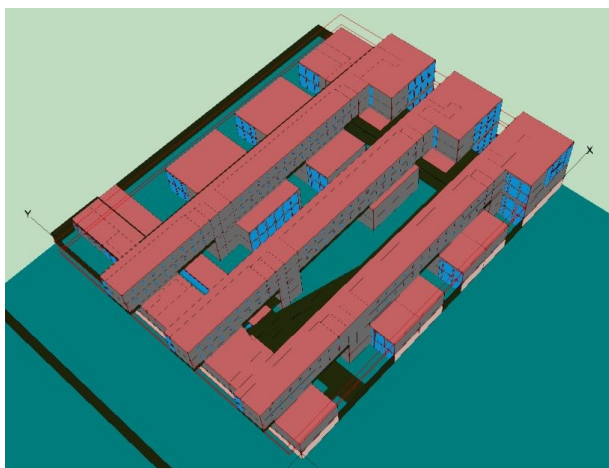


Figura 77. LIDER. Vista 3D modelo edificio completo 1

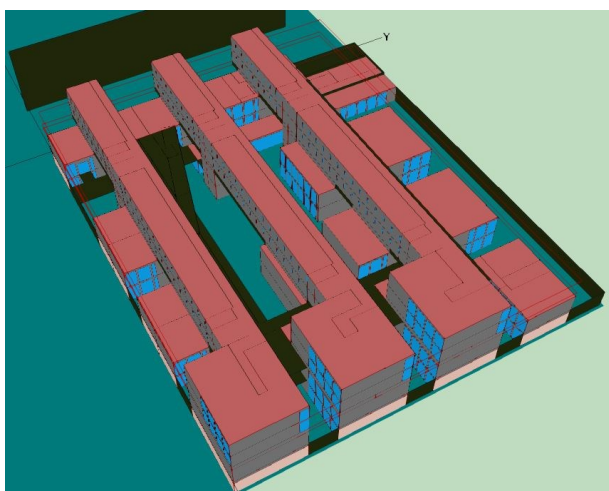


Figura 78. LIDER. Vista 3D modelo edificio completo 2

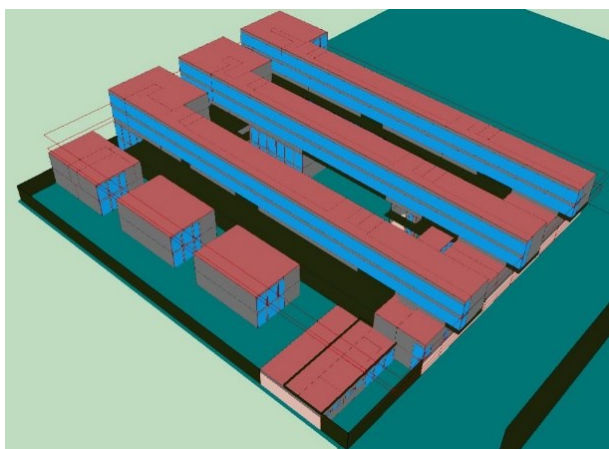


Figura 79. LIDER. Vista 3D modelo edificio completo 3

También se coloca una **sombra en el voladizo** que hay en el **aula de dibujo EP/S-04E**, de dos alturas.

Para crear las **sombras del forjado de cubierta**, entre el módulo 2 y 3, se han creado **tres sombras**, tal que cubran exactamente toda la cubierta, que forma un cierto ángulo, cercano a 15°, respecto de la fachada Norte del módulo 3.

Las sombras se crean sin medidas, y luego se editan, indicando las **coordenadas, ángulos y dimensiones**, calculadas *previamente en AutoCAD*, para conocer las medidas exactas.

En *LIDER*, se permite crear las sombras como un único elemento singular, seleccionando vértices 3D; pero las sombras son por defecto, *elementos rectangulares*, y no se permite exportar a *Calener GT* las que no lo son.

Para crear las **cubiertas** se usa el comando **crear forjado**, y se selecciona **techo exterior**, una vez creado se cambia a **cubierta**. Las cubiertas se representan en la *vista 3D* con **color rosado**.

Los forjados entre planta baja y los *espacios no habitables* de la entreplanta, son cerramientos tipo **particiones interiores, tipo estándar**.



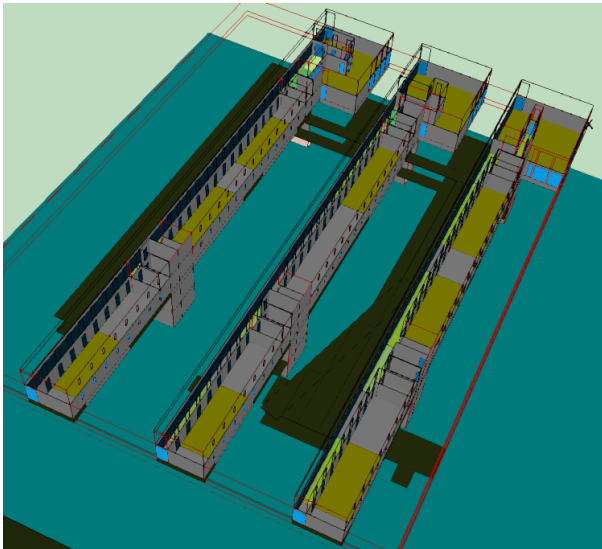


Figura 80. LIDER. Forjados adiabáticos partición modelo en plantas superiores

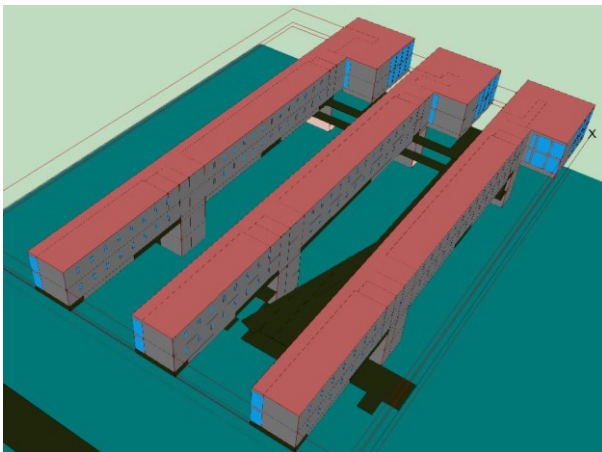


Figura 81. LIDER. Vista 3D modelo parte módulos superiores 1

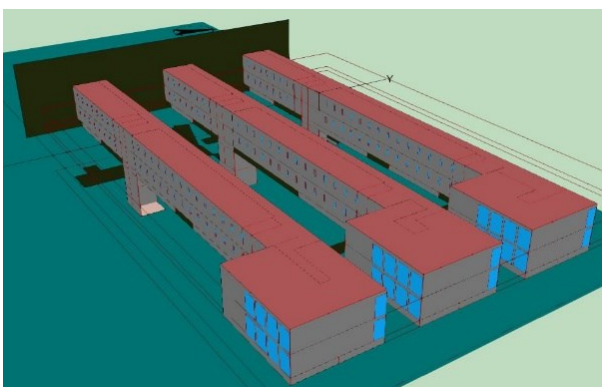


Figura 82. LIDER. Vista 3D modelo parte módulos superiores 2

Para la planta primera, que corresponde los módulos, se crea una nueva planta definida por puntos de la *plantilla de líneas auxiliares*, que abarque también el **vuelo de los módulos** por la fachada Oeste; y se sigue el mismo procedimiento que las plantas anteriores.

En los módulos, se ha creado espacios **no habitables**, las **cajas de escalera e instalaciones**; y también un único espacio por planta, que une todos los **pasillos** de forma continua.

En el fondo, las cargas térmicas generadas por el espacio de las escaleras abiertas al exterior y los pasillos conectados a éstas, son absorbidas por los sistemas de climatización de los espacios que están en contacto.

Para los espacios no habitables de **los pasillos de los módulos** se le ha considerado todos los *montantes de la perfilería del muro cortina*, como pilar para **puentes térmicos**, que son 34.

Se han unificado los **despachos** en un solo espacio, por cada zona de las plantas primera y segunda; sin embargo no se han simplificado las superficies de **las puertas y ventanas**, se han creado lo más estimado posible que existen en la realidad, separados entre sí equidistantes.

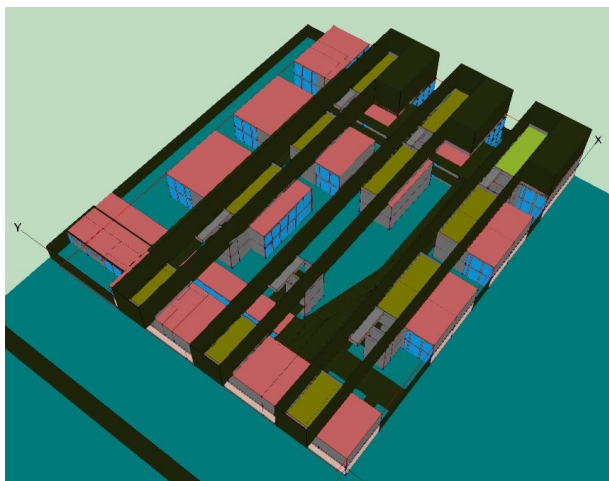


Figura 83. LIDER. Vista 3D modelo parte plantas inferiores 1

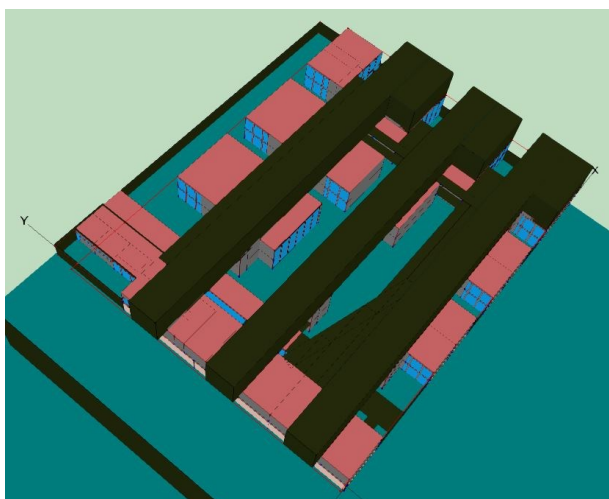


Figura 85. LIDER. Vista 3D modelo parte plantas inferiores con sombras de los módulos superiores

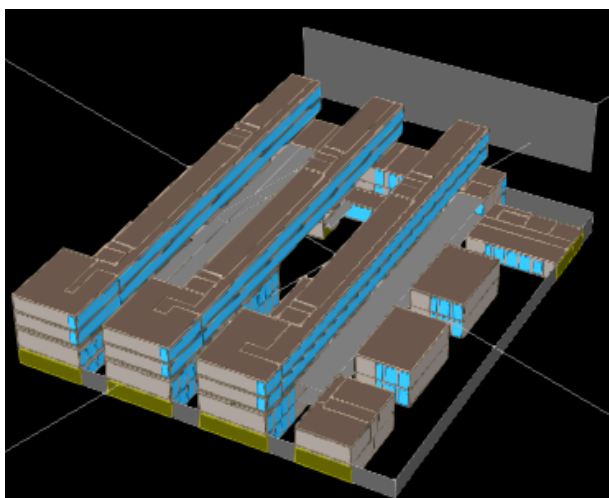


Figura 84. Calener GT. Vista 3D del edificio completo 1

Se ha estimado el modelado la carpintería existente, entres *pasillos de acceso* de las **secretarías**, porque no se ha podido medir como en el resto del edificio.

La única diferencia entre módulos es el pasillo que entra a la parte de cabecera o secretaría, con lo que sólo varía levemente la superficie entre las zonas de secretaría de los módulos tres módulos.

Los **forjados** de los módulos se han creado de *forma automática*, y se puede comprobar, que parte de los suelos están fraccionados en tipo **partición interior estándar, y cerramiento en contacto con el exterior**, para las zonas donde no existen aulas debajo.

En la imagen se diferencia por colores grises para cerramientos exteriores, y verdes caqui para las particiones interiores.

La **planta segunda** se ha creado de la misma forma que entre la planta sótano y planta baja, se han aceptado los espacios y la planta igual que la planta primera.



Figura 86. Calener GT. Vista 3D del edificio completo 2

Los **forjados** de la planta segunda son, por tanto, *particiones interiores tipo estándar*, a diferencia de la primera planta, que son *adiabáticos*, en las zonas situadas sobre otros espacios de la planta inferior.

La cubierta de los módulos, también es plana no transitable con grava, y se ha modelado de la misma forma que las cubiertas de planta baja. Para ello, se ha creado una superficie de cubierta, igual a la superficie del espacio

que le corresponde, porque si se modelara un único elemento de cubierta para toda la planta, no se mostrarían los resultados de las demandas térmicas correspondientes a la cubierta, de cada espacio en contacto con el exterior.

Finalmente se ha creado una **sombra vertical**, separada de la fachada Oeste 18,10 m y con una altura de 14 metros, que pretende simular la posible sombra que generaría el **edificio contiguo de Óptica y Optometría**.

No se puede realizar un cálculo completo del edificio en *LIDER*, porque que se ha sobrepasado el **límite de 500 elementos que permite LIDER** y *Calener VyP*, aunque los 99 espacios creados estén dentro del límite de 100 espacios. Para solucionarlo, se han creado *dos modelos de cálculo* del edificio a partir del modelo completo, uno que contiene todos los espacios de las plantas sótano y baja, y otro sólo con los módulos de las plantas primera y segunda. En cambio, se permite exportar el edificio completo a *Calener GT* y calcularse.

Para dividir el edificio en dos modelos de cálculos, se crea un fichero, eliminando las plantas baja y sótano, y conservando la caja de escaleras y ascensor desde planta sótano a segunda, y sin eliminar las sombras de las pantas inferiores, porque no surten efecto de sombra para las plantas superiores.

Después se ha crea otro fichero, eliminando las plantas primera y segunda, y dejando la *entrepanta*. Para esta partición del edificio, se ha tenido que crear *nuevas*

**sombras** que conformen el volumen exacto de las plantas superiores, para que se produzca el mismo efecto de sombra sobre los espacios de las plantas inferiores.

Para los dos nuevos modelos particionados, los **forjados** que separan espacios, entre techo de planta baja, y entre entreplanta y forjado de primera planta, se han modificado por **tipo de cerramiento medianero**, porque deben ser **forjados adiabáticos**, según indica el Manual de *LIDER*, para *edificios Grandes*.

Se calculan las dos partes independientemente, generándose por tanto, dos documentos, y finalmente se utiliza la aplicación **Promediar**, que dispone *LIDER* y *Calener VyP* en el directorio de instalación del programa, para generar el resultado final para el cumplimiento del *CTE HE-1 de limitación de demanda energética*, teniendo en cuenta las dos partes del edificio. Este halla el promedio del cálculo de las dos partes, como un único resultado equivalente al total del edificio, y también genera un documento de resultados.

Los resultados generales de cálculo se muestran en el subcapítulo 6.3.1 Resultados de la Limitación de la Demanda Energética en LIDER.

## ANEXO C. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS Y SU CALIFICACIÓN

Se muestran los resultados de cálculo realizados por *LIDER-Calener Vyp*, extraídos de los ficheros de resultados cálculo ocultos en la carpeta de instalación, según se describe en el subcapítulo 6.3 Estudio General de la demanda térmica del edificio, transformados a hoja de tabla de cálculo y editados para aportar la mayor información sobre todos los espacios acondicionados del edificio.

### ANEXO C.1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS

Para identificar gráficamente la calificación obtenida en *Excel* por su correspondiente color, se crean **reglas de formato condicionales**, para valores de celda comprendidos entre los indicados por el documento descrito del Ministerio, de forma que para cada regla se le asigna un color correspondiente a la letra de clase de calificación energética.

En la siguiente tabla se muestra los rangos de relación entre demandas de calefacción y refrigeración del edificio Objeto y de Referencia, así como los **colores RGB** de cada una de las **letras de la escala de calificación energética**.

Tabla 72. Escala Calificación Energética y sus colores RGB. Elaboración propia

Escala Calificación Energética			Calificación	R	G	B
	A	0,40	A	12	126	54
0,40	B	0,65	B	14	180	36
0,65	C	1,00	C	176	212	2
1,00	D	1,30	D	240	227	25
1,30	E	1,60	E	242	182	0
1,60	F	2,00	F	224	112	10
2,00	G		G	219	52	34
Objeto	/	Referencia				



ANEXO C. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS Y SU CALIFICACIÓN

Tabla 73. Calificación energética de las Demandas térmicas por espacios, plantas y edificio

Demandas kWh/m²·año		Edificio Objeto		Edificio Referencia		Objeto/Referencia	
Espacio	m²	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.
EP/S-01D	141,07	-62,53	50,00	-69,73	65,06	0,90	0,77
EP/S-02M	141,07	-44,31	48,63	-54,91	69,42	0,81	0,70
EP/S-03D	141,07	-53,36	46,94	-60,13	59,17	0,89	0,79
EP/S-04E	146,85	-81,43	82,05	-77,29	94,04	1,05	0,87
EP/S-05D	70,34	-60,05	65,43	-61,49	81,21	0,98	0,81
EP/S-06D	176,87	-48,71	48,76	-57,22	68,04	0,85	0,72
EP/S-07D	176,87	-34,29	45,32	-41,03	62,94	0,84	0,72
EP/S-08M	103,68	-96,17	56,09	-96,83	75,06	0,99	0,75
EP/S-09G	175,87	-50,86	46,38	-57,80	57,19	0,88	0,81
EP/S-10P	88,42	-67,65	52,54	-79,56	58,12	0,85	0,90
EP/S-11P	87,44	-63,88	52,17	-74,02	61,49	0,86	0,85
EP/S-12M	87,93	-88,44	57,92	-98,53	65,02	0,90	0,89
EP/S-13I	97,37	-35,29	33,62	-50,92	34,91	0,69	0,96
EP/S-14I	66,31	-35,05	39,57	-47,83	43,90	0,73	0,90
EP/S-15M	87,93	-67,53	59,53	-76,60	65,35	0,88	0,91
Taller Maquetas	70,73	-22,29	34,62	-30,43	60,78	0,73	0,57
Taller Arquitectura (Pecera)	111,67	-88,35	145,41	-90,93	115,64	0,97	1,26
Lab. invest. Aula Alan Turing	82,75	-11,87	61,01	-22,04	49,61	0,54	1,23
Lab. invest. Aula Niklaus Wirth	82,84	-14,73	53,39	-22,95	53,73	0,64	0,99
Salón de Actos	126,56	-108,61	65,98	-105,53	70,37	1,03	0,94
Sala Reuniones. Claude Shannon	118,08	-29,57	16,88	-36,51	16,77	0,81	1,01
EP/0-16M	87,93	-74,87	62,35	-64,26	71,87	1,17	0,87
EP/0-17D	141,07	-59,82	55,67	-56,10	70,64	1,07	0,79
EP/0-18M	141,07	-86,99	66,07	-83,18	83,55	1,05	0,79
EP/0-19D	141,07	-69,16	58,15	-66,16	71,77	1,05	0,81
EP/0-20D	176,87	-58,85	55,68	-46,81	71,09	1,26	0,78
EP/0-21E	176,87	-53,04	54,93	-43,23	68,60	1,23	0,80
EP/0-22M	103,68	-91,63	58,16	-72,52	73,80	1,26	0,79
EP/0-23G	175,87	-60,08	53,81	-45,70	61,28	1,31	0,88
EP/0-24P	88,42	-78,62	61,70	-70,06	64,48	1,12	0,96
EP/0-25M	87,44	-83,28	64,50	-72,92	73,16	1,14	0,88
EP/0-26M	87,93	-49,04	52,87	-40,44	58,55	1,21	0,90
EP/0-27I	81,57	-26,85	62,85	-27,79	61,48	0,97	1,02
EP/0-28I	82,12	-35,88	55,98	-34,52	54,83	1,04	1,02
EP/0-29I	71,35	-40,09	50,45	-40,00	49,74	1,00	1,01
EP/0-30I	68,41	-44,21	56,99	-44,31	48,75	1,00	1,17
Conserjería	23,43	-75,90	74,29	-68,89	62,19	1,10	1,19
Laboratorio Técnico	61,47	-35,97	56,77	-30,82	90,00	1,17	0,63
Laboratorio Investigación	46,22	-48,26	67,04	-40,16	95,55	1,20	0,70
Sala de Reuniones	48,12	-38,63	70,43	-45,06	55,22	0,86	1,28
Despachos Zona Oeste P1 Módulo 3	89,82	-42,15	20,59	-49,14	14,61	0,86	1,41
Despachos Zona Oeste P1 Módulo 2	89,82	-42,85	20,60	-49,60	14,61	0,86	1,41
Despachos Zona Oeste P1 Módulo 1	89,82	-42,67	20,56	-49,71	14,60	0,86	1,41
Despachos Zona Central P1 Módulo 3	159,55	-38,20	20,57	-48,28	14,01	0,79	1,47
Despachos Zona Central P1 Módulo 2	159,55	-43,14	19,68	-48,95	14,02	0,88	1,40
Despachos Zona Central P1 Módulo 1	159,55	-39,75	20,48	-48,86	14,05	0,81	1,46
Despachos Secretaria P1 Módulo 3	154,48	-29,60	70,49	-19,30	100,46	1,53	0,70
Despachos Secretaria P1 Módulo 2	154,49	-22,69	68,85	-19,08	87,00	1,19	0,79
Despachos Secretaria P1 Módulo 1	133,57	-20,22	70,74	-17,85	88,50	1,13	0,80
Despachos Zona Oeste P2 Módulo 3	89,82	-39,84	22,12	-50,65	17,06	0,79	1,30
Despachos Zona Oeste P2 Módulo 2	89,82	-43,24	22,01	-52,37	17,28	0,83	1,27
Despachos Zona Oeste P2 Módulo 1	89,82	-40,05	22,16	-50,93	17,06	0,79	1,30
Despachos Zona Central P2 Módulo 3	159,55	-39,20	21,19	-49,82	14,87	0,79	1,43
Despachos Zona Central P2 Módulo 2	159,55	-39,95	21,20	-50,06	14,85	0,80	1,43
Despachos Zona Central P2 Módulo 1	159,55	-39,51	21,30	-50,08	14,90	0,79	1,43
Despachos Secretaria P2 Módulo 3	154,48	-32,22	71,62	-21,13	108,68	1,52	0,66
Despachos Secretaria P2 Módulo 2	154,49	-22,49	70,49	-17,58	95,14	1,28	0,74
Despachos Secretaria P2 Módulo 1	133,57	-19,53	71,56	-16,11	95,72	1,21	0,75
Total PS-PB	4272,65	-58,24	56,72	-58,70	65,96	0,99	0,86
Total P1-P2	2381,30	-34,69	39,41	-38,15	45,12	0,91	0,87
Promedio	6653,95	-46,47	48,06	-48,43	55,54	0,97	0,87

Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de LIDER-Calener VyP



## ANEXO C.2. DEMANDAS TÉRMICAS Y CARGAS PUNTA

Las demandas térmicas tanto para calefacción y refrigeración se expresan en kWh y kWh/m<sup>2</sup>. En cambio, las cargas punta se extraen del fichero de texto binario *ORCC*, que genera *Calener VyP* al calcular como fichero temporal, porque los ficheros de resultados *.res*, sólo muestran demandas térmicas por superficie de cada espacio en kWh/m<sup>2</sup>.

Se muestran las demandas térmicas anuales, mensuales y también desglosadas en las diferentes variables que conforman las demandas totales de cada espacio habitable del edificio, ordenados por planta y numeración.

ANEXO C. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS Y SU CALIFICACIÓN

Tabla 74. Demandas en Calefacción y Refrigeración por espacios (kWh/año- kWh/m²·año)

Espacio	m²	m³	Demanda Calefacción (kWh/año)	Demanda Refrigeración (kWh/año)	Demanda Calefacción (kWh/m²·año)	Demanda Refrigeración (kWh/m²·año)
EP/S-01D	141,07	475,40	-8824,39	7043,51	-62,55	49,93
EP/S-02M	141,07	475,40	-6255,79	6849,42	-44,35	48,55
EP/S-03D	141,07	475,40	-7532,34	6612,02	-53,40	46,87
EP/S-04E	146,85	1019,14	-11970,22	12038,65	-81,51	81,98
EP/S-05D	70,34	237,04	-4227,87	4594,68	-60,11	65,32
EP/S-06D	176,87	596,07	-8621,80	8608,43	-48,75	48,67
EP/S-07D	176,87	596,07	-6076,13	8002,14	-34,35	45,24
EP/S-08M	103,68	349,40	-9970,04	5809,84	-96,16	56,04
EP/S-09G	175,87	592,67	-8949,99	8139,19	-50,89	46,28
EP/S-10P	88,42	297,99	-5984,73	4638,61	-67,68	52,46
EP/S-11P	87,44	294,69	-5588,42	4554,74	-63,91	52,09
EP/S-12M	87,93	296,34	-7777,84	5087,39	-88,45	57,85
EP/S-13I	97,37	328,15	-3440,75	3267,29	-35,34	33,55
EP/S-14I	66,31	223,46	-2328,01	2620,77	-35,11	39,52
EP/S-15M	87,93	296,34	-5939,60	5239,85	-67,55	59,59
Taller Maquetas	70,73	238,36	-1578,65	2445,31	-22,32	34,57
Taller Arquitectura (Pecera)	111,67	376,34	-9854,27	16235,55	-88,24	145,39
Lab. invest. Aula Alan Turing	82,75	278,85	-984,53	5060,07	-11,90	61,15
Lab. invest. Aula Niklaus Wirth	82,84	279,17	-1225,37	4414,97	-14,79	53,30
Salón de Actos	126,56	426,52	-13743,15	8348,33	-108,59	65,96
Sala Reuniones. Claude Shannon	118,08	397,95	-3497,97	1995,88	-29,62	16,90
EP/O-16M	87,93	296,34	-6589,44	5482,30	-74,94	62,35
EP/O-17D	141,07	475,40	-8445,77	7849,62	-59,87	55,64
EP/O-18M	141,07	475,40	-12284,08	9316,75	-87,08	66,04
EP/O-19D	141,07	475,40	-9763,18	8198,84	-69,21	58,12
EP/O-20D	176,87	596,07	-10428,62	9844,20	-58,96	55,66
EP/O-21E	176,87	596,07	-9397,66	9710,97	-53,13	54,90
EP/O-22M	103,68	349,40	-9509,45	6029,62	-91,72	58,16
EP/O-23G	175,87	592,67	-10583,36	9460,67	-60,18	53,79
EP/O-24P	88,42	297,99	-6959,21	5454,28	-78,70	61,68
EP/O-25M	87,44	294,69	-7289,35	5638,83	-83,36	64,48
EP/O-26M	87,93	296,34	-4318,44	4647,55	-49,11	52,85
EP/O-27I	81,57	274,88	-2194,54	5122,57	-26,90	62,80
EP/O-28I	82,12	276,74	-2953,62	4595,03	-35,97	55,96
EP/O-29I	71,35	240,43	-2863,49	3598,82	-40,14	50,44
EP/O-30I	68,41	230,54	-3032,03	3896,45	-44,32	56,96
Conserjería	23,43	78,95	-1792,58	1741,15	-76,52	74,32
Laboratorio Técnico	61,47	207,15	-2214,54	3487,57	-36,03	56,74
Laboratorio Investigación	46,22	155,77	-2237,76	3097,73	-48,41	67,02
Sala de Reuniones	48,12	162,16	-1860,79	3386,92	-38,67	70,39
Despachos Zona Oeste P1 Módulo 3	89,82	253,30	-3785,91	1848,53	-42,15	20,58
Despachos Zona Oeste P1 Módulo 2	89,82	253,30	-3849,05	1850,19	-42,85	20,60
Despachos Zona Oeste P1 Módulo 1	89,82	253,30	-3832,52	1847,04	-42,67	20,56
Despachos Zona Central P1 Módulo 3	159,55	449,93	-6094,48	3281,86	-38,20	20,57
Despachos Zona Central P1 Módulo 2	159,55	449,93	-6883,27	3149,38	-43,14	19,74
Despachos Zona Central P1 Módulo 1	159,55	449,93	-6341,47	3267,88	-39,75	20,48
Despachos Secretaria P1 Módulo 3	154,48	425,63	-4571,89	10889,50	-29,60	70,49
Despachos Secretaria P1 Módulo 2	154,49	435,66	-3505,83	10635,92	-22,69	68,85
Despachos Secretaria P1 Módulo 1	133,57	376,66	-2700,12	9448,08	-20,22	70,74
Despachos Zona Oeste P2 Módulo 3	89,82	263,18	-3578,27	1986,79	-39,84	22,12
Despachos Zona Oeste P2 Módulo 2	89,82	263,18	-3884,21	1977,23	-43,24	22,01
Despachos Zona Oeste P2 Módulo 1	89,82	263,18	-3597,92	1990,55	-40,06	22,16
Despachos Zona Central P2 Módulo 3	159,55	467,48	-6254,84	3380,31	-39,20	21,19
Despachos Zona Central P2 Módulo 2	159,55	467,48	-6374,21	3382,60	-39,95	21,20
Despachos Zona Central P2 Módulo 1	159,55	467,48	-6303,11	3398,88	-39,51	21,30
Despachos Secretaria P2 Módulo 3	154,48	452,62	-4978,10	11064,15	-32,23	71,62
Despachos Secretaria P2 Módulo 2	154,49	452,65	-3474,89	10890,08	-22,49	70,49
Despachos Secretaria P2 Módulo 1	133,57	391,35	-2608,46	9557,87	-19,53	71,56

Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de LIDER

ANEXO C. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS Y SU CALIFICACIÓN

Tabla 75. Cargas Punta en Calefacción y Refrigeración por espacios (W - W/m<sup>2</sup>)

Espacio	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	Carga Punta Calefacción (W)	Carga Punta Refrigeración (W)	Carga Punta Calefacción (W/m <sup>2</sup> )	Carga Punta Refrigeración (W/m <sup>2</sup> )
EP/S-01D	141,07	475,40	-26060	13080,00	-184,73	92,72
EP/S-02M	141,07	475,40	-23230	11050,00	-164,67	78,33
EP/S-03D	141,07	475,40	-24610	11790,00	-174,46	83,58
EP/S-04E	146,85	1019,14	-34290	19960,00	-233,50	135,92
EP/S-05D	70,34	237,04	-13220	7670,00	-187,95	109,05
EP/S-06D	176,87	596,07	-29520	14570,00	-166,90	82,38
EP/S-07D	176,87	596,07	-26600	12110,00	-150,39	68,47
EP/S-08M	103,68	349,40	-22520	11750,00	-217,21	113,33
EP/S-09G	175,87	592,67	-28940	14620,00	-164,56	83,13
EP/S-10P	88,42	297,99	-16400	8790,00	-185,47	99,41
EP/S-11P	87,44	294,69	-15860	8670,00	-181,37	99,15
EP/S-12M	87,93	296,34	-18040	10130,00	-205,15	115,20
EP/S-13I	97,37	328,15	-13810	5700,00	-141,82	58,54
EP/S-14I	66,31	223,46	-9660	4450,00	-145,68	67,11
EP/S-15M	87,93	296,34	-16470	9540,00	-187,30	108,49
Taller Maquetas	70,73	238,36	-9540	3350,00	-134,88	47,36
Taller Arquitectura (Pecera)	111,67	376,34	-29140	22350,00	-260,94	200,14
Lab. invest. Aula Alan Turing	82,75	278,85	-10150	5390,00	-122,67	65,14
Lab. invest. Aula Niklaus Wirth	82,84	279,17	-10080	5360,00	-121,68	64,70
Salón de Actos	126,56	426,52	-29370	15660,00	-232,06	123,73
Sala Reuniones. Claude Shannon	118,08	397,95	-17760	6870,00	-150,40	58,18
EP/O-16M	87,93	296,34	-18000	10090,00	-204,70	114,75
EP/O-17D	141,07	475,40	-27210	13220,00	-192,89	93,71
EP/O-18M	141,07	475,40	-31010	16940,00	-219,82	120,08
EP/O-19D	141,07	475,40	-28490	14320,00	-201,96	101,51
EP/O-20D	176,87	596,07	-33570	16520,00	-189,80	93,40
EP/O-21E	176,87	596,07	-32370	15900,00	-183,01	89,89
EP/O-22M	103,68	349,40	-23250	11630,00	-224,25	112,17
EP/O-23G	175,87	592,67	-32960	16630,00	-187,41	94,56
EP/O-24P	88,42	297,99	-18480	9980,00	-209,00	112,87
EP/O-25M	87,44	294,69	-18690	10660,00	-213,74	121,91
EP/O-26M	87,93	296,34	-15610	7490,00	-177,52	85,18
EP/O-27I	81,57	274,88	-12740	6330,00	-156,19	77,60
EP/O-28I	82,12	276,74	-13440	6570,00	-163,67	80,01
EP/O-29I	71,35	240,43	-11770	5500,00	-164,97	77,09
EP/O-30I	68,41	230,54	-11890	5820,00	-173,81	85,08
Conserjería	23,43	78,95	-4970	2760,00	-212,15	117,82
Laboratorio Técnico	61,47	207,15	-10400	4640,00	-169,19	75,49
Laboratorio Investigación	46,22	155,77	-8600	5270,00	-186,05	114,01
Sala de Reuniones	48,12	162,16	-7970	4070,00	-165,64	84,58
Despachos Zona Oeste P1 Módulo 3	89,82	253,30	-15490	7810,00	-172,45	86,95
Despachos Zona Oeste P1 Módulo 2	89,82	253,30	-15620	7840,00	-173,90	87,28
Despachos Zona Oeste P1 Módulo 1	89,82	253,30	-15560	7810,00	-173,23	86,95
Despachos Zona Central P1 Módulo 3	159,55	449,93	-25810	12960,00	-161,77	81,23
Despachos Zona Central P1 Módulo 2	159,55	449,93	-27770	13600,00	-174,05	85,24
Despachos Zona Central P1 Módulo 1	159,55	449,93	-26310	13100,00	-164,90	82,11
Despachos Secretaria P1 Módulo 3	154,48	425,63	-24250	14700,00	-156,98	95,16
Despachos Secretaria P1 Módulo 2	154,49	435,66	-21460	12800,00	-138,91	82,85
Despachos Secretaria P1 Módulo 1	133,57	376,66	-18020	11070,00	-134,91	82,88
Despachos Zona Oeste P2 Módulo 3	89,82	263,18	-15180	7680,00	-169,00	85,50
Despachos Zona Oeste P2 Módulo 2	89,82	263,18	-15760	7840,00	-175,46	87,28
Despachos Zona Oeste P2 Módulo 1	89,82	263,18	-15220	7690,00	-169,45	85,61
Despachos Zona Central P2 Módulo 3	159,55	467,48	-26450	13080,00	-165,78	81,98
Despachos Zona Central P2 Módulo 2	159,55	467,48	-26960	13270,00	-168,98	83,17
Despachos Zona Central P2 Módulo 1	159,55	467,48	-26600	13190,00	-166,72	82,67
Despachos Secretaria P2 Módulo 3	154,48	452,62	-25330	14630,00	-163,97	94,71
Despachos Secretaria P2 Módulo 2	154,49	452,65	-22120	12650,00	-143,18	81,88
Despachos Secretaria P2 Módulo 1	133,57	391,35	-18490	10870,00	-138,43	81,38

Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de LIDER

ANEXO C. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS Y SU CALIFICACIÓN

Tabla 76. Demandas en Calefacción mensual por espacios (kWh/m<sup>2</sup>-mes)

Espacio	Enero	Feb.	Mar.	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
EP/S-01D	-15,27	-12,05	-7,85	-4,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-7,46	-15,78
EP/S-02M	-10,90	-8,75	-5,24	-2,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-5,08	-11,79
EP/S-03D	-12,98	-10,41	-6,62	-3,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-6,26	-13,71
EP/S-04E	-19,60	-15,44	-9,50	-4,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,46	-9,66	-20,98
EP/S-05D	-15,52	-11,68	-6,79	-3,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-6,96	-16,01
EP/S-06D	-11,68	-9,64	-6,00	-3,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-5,59	-12,75
EP/S-07D	-8,12	-7,03	-4,06	-1,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-3,72	-9,45
EP/S-08M	-22,59	-17,30	-12,03	-6,67	-1,73	0,00	0,00	0,00	0,00	-2,16	-11,40	-22,29
EP/S-09G	-11,92	-10,13	-6,49	-3,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-5,79	-13,18
EP/S-10P	-16,43	-13,09	-8,65	-4,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-7,92	-16,97
EP/S-11P	-15,50	-12,41	-8,15	-4,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-7,40	-16,13
EP/S-12M	-20,87	-16,25	-11,12	-6,09	-1,33	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,68	-10,20	-20,90
EP/S-13I	-7,99	-7,40	-4,39	-2,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-3,75	-9,68
EP/S-14I	-8,43	-7,40	-4,21	-1,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-3,48	-9,73
EP/S-15M	-16,51	-13,17	-8,55	-4,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-7,73	-17,14
Taller Maquetas	-5,40	-5,02	-2,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-2,36	-6,98
Taller Arquitectura (Pecera)	-20,76	-15,81	-9,98	-5,38	-1,51	0,00	0,00	0,00	0,00	-2,48	-10,62	-21,79
Lab. Alan Turing	-3,09	-3,18	-1,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-4,20
Lab. Niklaus Wirth	-3,70	-3,47	-1,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,23	-4,84
Salón de Actos	-26,04	-19,80	-13,13	-6,73	-1,29	0,00	0,00	0,00	0,00	-2,42	-13,31	-25,89
Sala Reuniones. Claude Shannon	-6,20	-6,27	-4,10	-1,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-3,31	-7,73
EP/0-16M	-19,64	-13,77	-8,87	-4,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,21	-8,45	-18,41
EP/0-17D	-16,07	-11,19	-6,88	-3,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-7,08	-15,27
EP/0-18M	-22,72	-15,77	-10,14	-5,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,68	-10,26	-21,17
EP/0-19D	-18,08	-12,63	-7,99	-4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,28	-8,13	-17,05
EP/0-20D	-15,95	-11,13	-6,68	-3,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-6,67	-15,19
EP/0-21E	-14,38	-10,12	-5,95	-2,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-5,91	-13,84
EP/0-22M	-23,66	-16,55	-10,96	-5,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,82	-10,88	-21,99
EP/0-23G	-16,13	-11,40	-7,05	-3,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-6,76	-15,31
EP/0-24P	-20,56	-14,46	-9,26	-4,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,34	-8,98	-19,24
EP/0-25M	-21,67	-15,20	-10,00	-5,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,49	-9,53	-20,18
EP/0-26M	-13,42	-9,44	-5,40	-2,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-5,36	-12,96
EP/0-27I	-7,95	-5,58	-2,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-2,64	-8,14
EP/0-28I	-9,94	-7,18	-3,87	-1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-3,56	-9,83
EP/0-29I	-10,90	-7,98	-4,34	-1,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-4,19	-10,96
EP/0-30I	-12,37	-8,81	-4,56	-1,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-4,57	-12,31
Conserjería	-20,60	-14,74	-8,32	-3,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-8,64	-20,27
Laboratorio Técnico	-10,10	-6,89	-3,45	-1,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-3,90	-10,16
Laboratorio Investigación	-13,56	-8,96	-4,99	-2,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-5,62	-13,00
Sala de Reuniones	-10,82	-7,62	-3,81	-1,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-4,29	-10,86
Despachos Zona Oeste P1 M3	-11,07	-8,18	-5,33	-2,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-4,69	-10,46
Despachos Zona Oeste P1 M2	-11,27	-8,28	-5,37	-2,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-4,83	-10,67
Despachos Zona Oeste P1 M1	-10,49	-7,76	-4,91	-2,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-4,37	-10,03
Despachos Zona Central P1 M3	-10,08	-7,53	-4,74	-2,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-4,10	-9,65
Despachos Zona Central P1 M2	-11,29	-8,30	-5,47	-2,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-4,90	-10,65
Despachos Zona Central P1 M1	-6,40	-4,09	-1,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,72	-6,43
Despachos Secretaria P1 M3	-9,07	-5,97	-3,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-2,86	-8,68
Despachos Secretaria P1 M2	-7,13	-4,55	-1,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-2,05	-7,11
Despachos Secretaria P1 M1	-11,22	-8,24	-5,34	-2,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-4,81	-10,63
Despachos Zona Oeste P2 M3	-10,45	-7,74	-4,93	-2,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-4,46	-10,02
Despachos Zona Oeste P2 M2	-11,29	-8,35	-5,40	-2,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-4,94	-10,78
Despachos Zona Oeste P2 M1	-10,51	-7,77	-4,95	-2,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-4,50	-10,07
Despachos Zona Central P2 M3	-10,25	-7,61	-4,89	-2,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-4,39	-9,81
Despachos Zona Central P2 M2	-10,43	-7,73	-4,99	-2,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-4,50	-9,98
Despachos Zona Central P2 M1	-10,33	-7,66	-4,92	-2,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-4,44	-9,88
Despachos Secretaria P2 M3	-9,38	-6,10	-3,27	-1,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-3,24	-8,86
Despachos Secretaria P2 M2	-6,99	-4,50	-2,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-2,12	-6,87
Despachos Secretaria P2 M1	-6,09	-3,97	-1,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,72	-6,01

Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de LIDER

ANEXO C. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS Y SU CALIFICACIÓN

Tabla 77. Demandas en Refrigeración mensual por espacios (kWh/m<sup>2</sup>-mes)

Espacio	Enero	Febr.	Mar.	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
EP/S-01D	0,00	0,00	0,00	0,00	1,85	7,33	14,92	15,69	7,90	2,30	0,00	0,00
EP/S-02M	0,00	0,00	0,00	0,00	1,99	7,21	14,04	14,98	7,97	2,44	0,00	0,00
EP/S-03D	0,00	0,00	0,00	0,00	1,69	6,91	13,98	14,72	7,48	2,16	0,00	0,00
EP/S-04E	0,00	0,00	0,00	0,00	4,09	12,54	23,77	24,92	12,81	3,92	0,00	0,00
EP/S-05D	0,00	0,00	0,00	0,00	3,11	10,02	19,03	19,97	10,25	3,05	0,00	0,00
EP/S-06D	0,00	0,00	0,00	0,00	1,91	7,21	14,16	15,05	7,93	2,50	0,00	0,00
EP/S-07D	0,00	0,00	0,00	0,00	1,87	6,73	12,85	13,83	7,56	2,47	0,00	0,00
EP/S-08M	0,00	0,00	0,00	0,00	1,92	8,05	17,14	17,87	8,67	2,43	0,00	0,00
EP/S-09G	0,00	0,00	0,00	0,00	1,59	6,68	13,60	14,56	7,56	2,38	0,00	0,00
EP/S-10P	0,00	0,00	0,00	0,00	1,78	7,57	15,70	16,57	8,39	2,52	0,00	0,00
EP/S-11P	0,00	0,00	0,00	0,00	1,79	7,49	15,48	16,43	8,40	2,58	0,00	0,00
EP/S-12M	0,00	0,00	0,00	0,00	2,07	8,35	17,39	18,24	9,11	2,77	0,00	0,00
EP/S-13I	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,75	10,19	11,17	5,78	1,72	0,00	0,00
EP/S-14I	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,79	11,92	12,86	6,87	2,13	0,00	0,00
EP/S-15M	0,00	0,00	0,00	0,00	2,18	8,59	17,38	18,54	9,70	3,13	0,00	0,00
Taller Maquetas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,15	10,13	11,21	6,25	1,89	0,00	0,00
Taller Arquitectura (Pecera)	0,00	0,00	0,00	3,60	14,25	25,31	37,79	36,91	19,62	7,92	0,00	0,00
Lab. Alan Turing	0,00	0,00	0,00	0,00	4,21	9,64	15,31	16,47	10,56	4,82	0,00	0,00
Lab. Niklaus Wirth	0,00	0,00	0,00	0,00	2,95	8,41	14,16	15,18	9,20	3,50	0,00	0,00
Salón de Actos	0,00	0,00	0,00	0,00	2,45	9,81	20,43	21,06	9,69	2,55	0,00	0,00
Sala Reuniones. Claude Shannon	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,98	5,62	6,46	2,83	0,00	0,00	0,00
EP/O-16M	0,00	0,00	0,00	0,00	2,30	8,40	16,58	17,21	8,72	2,47	0,00	0,00
EP/O-17D	0,00	0,00	0,00	0,00	2,49	9,68	19,76	20,62	10,50	3,02	0,00	0,00
EP/O-18M	0,00	0,00	0,00	0,00	2,39	8,75	17,40	17,99	9,03	2,57	0,00	0,00
EP/O-19D	0,00	0,00	0,00	0,00	4,28	10,32	18,59	19,77	10,67	3,40	0,00	0,00
EP/O-20D	0,00	0,00	0,00	0,00	1,83	8,16	16,58	17,44	9,10	2,57	0,00	0,00
EP/O-21E	0,00	0,00	0,00	0,00	1,97	8,11	16,14	16,99	9,05	2,68	0,00	0,00
EP/O-22M	0,00	0,00	0,00	0,00	1,59	8,16	18,05	18,87	9,17	2,33	0,00	0,00
EP/O-23G	0,00	0,00	0,00	0,00	1,57	7,71	16,15	17,11	8,79	2,49	0,00	0,00
EP/O-24P	0,00	0,00	0,00	0,00	1,98	8,91	18,65	19,51	9,84	2,81	0,00	0,00
EP/O-25M	0,00	0,00	0,00	0,00	2,22	9,27	19,36	20,31	10,28	3,06	0,00	0,00
EP/O-26M	0,00	0,00	0,00	0,00	1,60	7,66	15,71	16,69	8,73	2,48	0,00	0,00
EP/O-27I	0,00	0,00	0,00	0,00	2,12	8,77	16,85	17,46	9,15	2,63	0,00	0,00
EP/O-28I	0,00	0,00	0,00	0,00	2,35	8,51	16,00	16,75	9,33	3,04	0,00	0,00
EP/O-29I	0,00	0,00	0,00	0,00	2,13	8,97	18,59	19,59	10,05	3,03	0,00	0,00
EP/O-30I	0,00	0,00	0,00	0,00	2,87	8,68	15,82	16,73	9,52	3,14	0,00	0,00
Conserjería	0,00	0,00	0,00	0,00	2,11	7,66	14,65	15,30	8,20	2,53	0,00	0,00
Laboratorio Técnico	0,00	0,00	0,00	0,00	5,35	13,07	20,31	19,54	9,45	2,72	0,00	0,00
Laboratorio Investigación	0,00	0,00	0,00	0,00	2,11	11,19	22,80	23,94	11,52	2,74	0,00	0,00
Sala de Reuniones	0,00	0,00	0,00	0,00	3,27	9,78	17,16	18,24	10,63	3,76	0,00	0,00
Despachos Zona Oeste P1 M3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,28	7,22	7,80	3,29	0,00	0,00	0,00
Despachos Zona Oeste P1 M2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,36	7,10	7,71	3,40	0,00	0,00	0,00
Despachos Zona Oeste P1 M1	0,00	0,00	0,00	0,00	4,49	11,18	19,01	19,74	11,51	4,57	0,00	0,00
Despachos Zona Central P1 M3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,28	7,23	7,81	3,28	0,00	0,00	0,00
Despachos Zona Central P1 M2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,14	6,95	7,49	3,09	0,00	0,00	0,00
Despachos Zona Central P1 M1	0,00	0,00	0,00	0,00	4,89	11,37	18,37	19,23	11,84	5,04	0,00	0,00
Despachos Secretaria P1 M3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,29	7,22	7,78	3,27	0,00	0,00	0,00
Despachos Secretaria P1 M2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,35	7,12	7,69	3,33	0,00	0,00	0,00
Despachos Secretaria P1 M1	0,00	0,00	0,00	0,00	4,70	11,16	18,15	18,87	11,37	4,59	0,00	0,00
Despachos Zona Oeste P2 M3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,73	7,63	8,18	3,58	0,00	0,00	0,00
Despachos Zona Oeste P2 M2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,60	7,32	7,85	3,42	0,00	0,00	0,00
Despachos Zona Oeste P2 M1	0,00	0,00	0,00	0,00	5,34	11,47	19,03	19,65	11,45	4,69	0,00	0,00
Despachos Zona Central P2 M3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,66	7,68	8,22	3,45	0,00	0,00	0,00
Despachos Zona Central P2 M2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,58	7,35	7,87	3,40	0,00	0,00	0,00
Despachos Zona Central P2 M1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,75	7,65	8,19	3,57	0,00	0,00	0,00
Despachos Secretaria P2 M3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,63	7,38	7,88	3,41	0,00	0,00	0,00
Despachos Secretaria P2 M2	0,00	0,00	0,00	0,00	5,65	11,55	18,32	18,99	11,67	5,39	0,00	0,00
Despachos Secretaria P2 M1	0,00	0,00	0,00	0,00	5,50	11,55	18,39	18,87	11,31	4,88	0,00	0,00

Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de LIDER



ANEXO C. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS Y SU CALIFICACIÓN

Tabla 78. Demandas anuales Calefacción por envolvente térmica (kWh/m<sup>2</sup>-año)

Espacio	Paredes Exteriores	Cubiertas	Suelos	Puentes Térmicos	Solar Ventanas	Transmisión Ventanas	Fuentes Internas	Infiltración	TOTAL (kWh/m <sup>2</sup> -año)
EP/S-01D	-10,44	0,00	-2,38	-6,10	7,87	-12,62	49,07	-89,52	-64,32
EP/S-02M	-10,74	0,00	-2,36	-5,99	10,76	-13,94	46,50	-69,14	-45,19
EP/S-03D	-10,66	0,00	-2,41	-6,26	7,51	-12,96	48,19	-77,80	-54,65
EP/S-04E	-20,81	-3,23	-2,19	-12,49	23,01	-28,11	62,43	-100,27	-82,25
EP/S-05D	-13,22	0,00	-3,36	-8,70	13,19	-23,88	54,59	-79,54	-61,07
EP/S-06D	-7,45	0,00	-2,37	-4,60	8,72	-13,73	47,92	-78,04	-49,82
EP/S-07D	-6,99	0,00	-2,46	-5,07	8,13	-15,27	46,15	-59,06	-34,86
EP/S-08M	-12,57	0,00	-2,58	-7,19	10,38	-17,85	48,13	-114,36	-96,17
EP/S-09G	-7,76	0,00	-2,24	-3,61	6,01	-8,07	48,30	-84,47	-52,04
EP/S-10P	-7,63	0,00	-2,60	-4,21	5,58	-7,54	52,63	-105,69	-69,58
EP/S-11P	-7,81	0,00	-2,40	-4,40	6,22	-7,84	52,12	-101,32	-65,56
EP/S-12M	-7,18	0,00	-2,37	-3,82	5,09	-7,00	53,72	-126,81	-88,44
EP/S-13I	-5,30	0,00	-2,11	-2,42	2,16	-2,74	38,88	-64,06	-35,75
EP/S-14I	-4,13	0,00	-2,58	-3,78	0,67	-4,73	50,24	-70,98	-35,39
EP/S-15M	0,69	0,00	-2,49	-6,85	6,54	-12,00	51,35	-106,26	-69,13
Taller Maquetas	-10,44	0,00	-2,59	-6,44	9,55	-13,80	38,17	-37,86	-23,53
Taller Arq. (Pecera)	-1,07	-28,46	-1,75	-3,14	49,36	-49,95	44,07	-96,41	-88,35
Lab. Alan Turing	1,60	0,00	-3,22	-7,76	1,81	-9,55	55,48	-51,49	-13,30
Lab. Niklaus Wirth	-9,29	0,00	-3,51	-4,94	4,94	-8,88	58,62	-52,12	-15,25
Salón de Actos	-5,91	-23,47	-1,86	-4,33	9,39	-10,26	45,49	-117,58	-108,61
Sala Reuniones. Claude	-4,64	0,00	-2,01	-2,45	5,97	-3,52	29,46	-52,83	-30,07
EP/0-16M	-11,47	-4,35	0,00	-8,52	9,26	-12,53	56,83	-104,47	-75,36
EP/0-17D	-11,27	-7,54	0,00	-9,07	9,16	-15,43	50,94	-77,75	-61,19
EP/0-18M	-13,23	-3,38	0,00	-9,92	13,95	-19,52	53,52	-109,12	-87,86
EP/0-19D	-11,25	-7,43	0,00	-8,98	9,42	-15,25	51,68	-87,64	-69,67
EP/0-20D	-12,80	0,00	0,00	-9,20	12,02	-24,77	53,81	-78,80	-59,95
EP/0-21E	-9,17	0,00	0,00	-9,06	11,54	-24,70	53,41	-75,78	-53,97
EP/0-22M	-16,70	-1,21	0,00	-12,68	12,25	-27,82	51,77	-98,08	-92,62
EP/0-23G	-15,33	0,00	0,00	-8,82	8,53	-16,73	55,26	-83,96	-61,22
EP/0-24P	-11,55	-4,27	0,00	-8,53	7,56	-12,72	57,75	-107,36	-79,23
EP/0-25M	-11,67	-4,34	0,00	-8,88	9,36	-12,72	57,89	-113,56	-84,02
EP/0-26M	-11,54	-4,42	0,00	-9,72	6,39	-13,43	54,91	-71,83	-49,80
EP/0-27I	-12,60	-6,58	0,00	-9,20	3,75	-8,20	64,06	-59,13	-28,04
EP/0-28I	-8,85	-7,55	0,00	-8,39	0,66	-7,19	66,85	-71,74	-36,31
EP/0-29I	-3,95	-7,42	0,00	-4,77	2,84	-7,72	52,01	-71,46	-40,59
EP/0-30I	-12,74	-4,23	0,00	-9,73	6,00	-7,87	55,08	-71,11	-44,70
Conserjería	-61,99	-1,85	0,00	-4,68	6,93	-14,39	50,59	-51,36	-76,93
Laboratorio Técnico	-16,12	-7,96	0,00	-9,80	14,93	-17,61	51,85	-51,53	-36,46
Laboratorio Invest.	-22,01	-7,15	0,00	-8,04	18,16	-20,41	49,02	-58,35	-49,14
Sala de Reuniones	-5,71	-9,21	0,00	-6,35	16,52	-14,06	41,59	-61,73	-39,12
Desp. Zona Oeste P1 M3	-11,67	0,00	-14,99	-8,46	1,60	-1,95	35,26	-42,63	-42,84
Desp. Zona Oeste P1 M2	-11,99	0,00	-15,12	-8,84	1,40	-2,06	35,42	-42,38	-43,57
Desp. Zona Oeste P1 M1	-11,92	0,00	-14,98	-8,76	1,40	-1,98	35,30	-42,44	-43,37
Desp. Zona Centr P1 M3	-12,85	0,00	-5,55	-9,16	1,59	-2,73	34,44	-44,46	-38,74
Desp. Zona Centr P1 M2	-10,99	0,00	-16,44	-7,90	1,38	-1,72	35,07	-43,31	-43,90
Desp. Zona Centr P1 M1	-12,62	0,00	-7,64	-9,34	1,37	-2,58	34,63	-44,16	-40,34
Desp. Secretaria P1 M3	-20,19	0,00	0,00	-7,96	28,67	-38,62	46,99	-39,83	-31,12
Desp. Secretaria P1 M2	-7,12	0,00	0,00	-8,53	21,34	-36,71	48,35	-40,58	-23,44
Desp. Secretaria P1 M1	-7,51	0,00	0,00	-9,98	18,88	-30,96	53,32	-44,40	-20,82
Desp. Zona Oeste P2 M3	-14,55	-5,39	0,00	-10,54	1,58	-2,82	34,26	-43,00	-40,48
Desp. Zona Oeste P2 M2	-19,45	-5,00	0,00	-10,19	1,58	-2,60	34,70	-43,03	-43,99
Desp. Zona Oeste P2 M1	-14,71	-5,43	0,00	-10,67	1,57	-2,84	34,24	-42,85	-40,71
Desp. Z. Central P2 M3	-13,39	-5,09	0,00	-9,66	1,55	-2,50	33,89	-44,63	-39,85
Desp. Z. Central P2 M2	-14,10	-5,30	0,00	-10,25	1,56	-2,73	34,35	-44,16	-40,63
Desp. Z. Central P2 M1	-13,60	-5,17	0,00	-9,86	1,54	-2,56	33,89	-44,38	-40,16
Des. Secretaria P2 M3	-17,43	-6,96	0,00	-8,53	27,11	-31,33	44,74	-39,98	-32,71
Desp. Secretaria P2 M2	-5,60	-8,63	0,00	-8,46	23,17	-28,02	45,46	-41,03	-23,38
Desp. Secretaria P2 M1	-5,62	-8,13	0,00	-9,08	20,87	-22,35	49,10	-44,77	-20,28

Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de LIDER



ANEXO C. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS Y SU CALIFICACIÓN

Tabla 79. Relación % Demandas anuales Calefacción por envolvente térmica y totales por espacio

Espacio	Paredes Exteriores	Cubiertas	Suelos	Puentes Térmicos	Solar Ventanas	Trans. Ventanas	Fuentes Internas	Infiltración	TOTAL (kWh/m²·año)
EP/S-01D	16,24%	0,00%	3,70%	9,49%	-12,24%	19,61%	-76,30%	139,18%	-64,32
EP/S-02M	23,77%	0,00%	5,23%	13,26%	-23,81%	30,85%	-102,90%	153,01%	-45,19
EP/S-03D	19,50%	0,00%	4,41%	11,46%	-13,75%	23,72%	-88,17%	142,35%	-54,65
EP/S-04E	25,30%	3,93%	2,66%	15,19%	-27,97%	34,17%	-75,91%	121,91%	-82,25
EP/S-05D	21,64%	0,00%	5,50%	14,24%	-21,61%	39,10%	-89,40%	130,25%	-61,07
EP/S-06D	14,95%	0,00%	4,76%	9,24%	-17,51%	27,55%	-96,18%	156,65%	-49,82
EP/S-07D	20,06%	0,00%	7,06%	14,54%	-23,33%	43,82%	-132,40%	169,44%	-34,86
EP/S-08M	13,07%	0,00%	2,68%	7,48%	-10,80%	18,56%	-50,05%	118,91%	-96,17
EP/S-09G	14,91%	0,00%	4,30%	6,93%	-11,54%	15,50%	-92,82%	162,32%	-52,04
EP/S-10P	10,96%	0,00%	3,73%	6,06%	-8,02%	10,84%	-75,64%	151,89%	-69,58
EP/S-11P	11,92%	0,00%	3,66%	6,71%	-9,48%	11,95%	-79,49%	154,54%	-65,56
EP/S-12M	8,11%	0,00%	2,68%	4,32%	-5,76%	7,91%	-60,74%	143,39%	-88,44
EP/S-13I	14,83%	0,00%	5,89%	6,77%	-6,04%	7,67%	-108,75%	179,17%	-35,75
EP/S-14I	11,67%	0,00%	7,29%	10,70%	-1,88%	13,36%	-141,96%	200,58%	-35,39
EP/S-15M	-1,00%	0,00%	3,60%	9,91%	-9,46%	17,36%	-74,27%	153,70%	-69,13
Taller Maquetas	44,36%	0,00%	11,02%	27,37%	-40,57%	58,64%	-162,23%	160,89%	-23,53
Taller Arq. (Pecera)	1,22%	32,21%	1,98%	3,55%	-55,86%	56,53%	-49,88%	109,12%	-88,35
Lab. Alan Turing	-12,03%	0,00%	24,21%	58,34%	-13,62%	71,80%	-417,03%	387,06%	-13,30
Lab. Niklaus Wirth	60,96%	0,00%	23,00%	32,39%	-32,42%	58,26%	-384,50%	341,87%	-15,25
Salón de Actos	5,44%	21,61%	1,71%	3,99%	-8,65%	9,45%	-41,89%	108,26%	-108,61
Sala Reuniones. Claude	15,43%	0,00%	6,68%	8,15%	-19,86%	11,70%	-97,98%	175,70%	-30,07
EP/O-16M	15,22%	5,77%	0,00%	11,31%	-12,29%	16,63%	-75,41%	138,64%	-75,36
EP/O-17D	18,42%	12,32%	0,00%	14,82%	-14,97%	25,21%	-83,24%	127,05%	-61,19
EP/O-18M	15,06%	3,85%	0,00%	11,30%	-15,88%	22,21%	-60,92%	124,20%	-87,86
EP/O-19D	16,15%	10,67%	0,00%	12,88%	-13,52%	21,89%	-74,19%	125,79%	-69,67
EP/O-20D	21,35%	0,00%	0,00%	15,35%	-20,04%	41,32%	-89,75%	131,44%	-59,95
EP/O-21E	17,00%	0,00%	0,00%	16,78%	-21,37%	45,76%	-98,96%	140,40%	-53,97
EP/O-22M	18,03%	1,30%	0,00%	13,69%	-13,23%	30,03%	-55,89%	105,89%	-92,62
EP/O-23G	25,05%	0,00%	0,00%	14,40%	-13,93%	27,33%	-90,26%	137,14%	-61,22
EP/O-24P	14,58%	5,39%	0,00%	10,76%	-9,54%	16,06%	-72,89%	135,50%	-79,23
EP/O-25M	13,88%	5,16%	0,00%	10,57%	-11,14%	15,14%	-68,90%	135,16%	-84,02
EP/O-26M	23,18%	8,87%	0,00%	19,52%	-12,83%	26,97%	-110,26%	144,24%	-49,80
EP/O-27I	44,94%	23,47%	0,00%	32,82%	-13,36%	29,26%	-228,50%	210,89%	-28,04
EP/O-28I	24,38%	20,79%	0,00%	23,10%	-1,82%	19,81%	-184,14%	197,60%	-36,31
EP/O-29I	9,74%	18,28%	0,00%	11,75%	-7,01%	19,01%	-128,14%	176,08%	-40,59
EP/O-30I	28,49%	9,46%	0,00%	21,77%	-13,41%	17,61%	-123,20%	159,08%	-44,70
Conserjería	80,57%	2,41%	0,00%	6,09%	-9,01%	18,70%	-65,75%	66,76%	-76,93
Laboratorio Técnico	44,22%	21,84%	0,00%	26,88%	-40,95%	48,30%	-142,23%	141,33%	-36,46
Laboratorio Invest.	44,79%	14,54%	0,00%	16,37%	-36,96%	41,53%	-99,75%	118,74%	-49,14
Sala de Reuniones	14,60%	23,55%	0,00%	16,22%	-42,22%	35,94%	-106,30%	157,80%	-39,12
Desp. Z. Oeste P1 M3	27,25%	0,00%	34,99%	19,74%	-3,73%	4,55%	-82,31%	99,51%	-42,84
Desp. Z. Oeste P1 M2	27,52%	0,00%	34,70%	20,30%	-3,22%	4,72%	-81,29%	97,28%	-43,57
Desp. Z. Oeste P1 M1	27,48%	0,00%	34,53%	20,20%	-3,23%	4,56%	-81,39%	97,84%	-43,37
Desp. Z. Central P1 M3	33,16%	0,00%	14,33%	23,65%	-4,10%	7,05%	-88,91%	114,78%	-38,74
Desp. Z. Central P1 M2	25,03%	0,00%	37,44%	18,00%	-3,13%	3,91%	-79,88%	98,64%	-43,90
Desp. Z. Central P1 M1	31,29%	0,00%	18,93%	23,15%	-3,41%	6,39%	-85,85%	109,47%	-40,34
Desp. Secretaria P1 M3	64,88%	0,00%	0,00%	25,56%	-92,13%	124,08%	-150,99%	127,97%	-31,12
Desp. Secretaria P1 M2	30,40%	0,00%	0,00%	36,42%	-91,03%	156,65%	-206,32%	173,14%	-23,44
Desp. Secretaria P1 M1	36,04%	0,00%	0,00%	47,92%	-90,65%	148,69%	-256,06%	213,22%	-20,82
Desp. Z. Oeste P2 M3	35,94%	13,32%	0,00%	26,04%	-3,91%	6,96%	-84,63%	106,22%	-40,48
Desp. Z. Oeste P2 M2	44,20%	11,37%	0,00%	23,17%	-3,60%	5,92%	-78,88%	97,81%	-43,99
Desp. Z. Oeste P2 M1	36,14%	13,33%	0,00%	26,21%	-3,86%	6,97%	-84,11%	105,27%	-40,71
Desp. Z. Central P2 M3	33,61%	12,78%	0,00%	24,23%	-3,90%	6,28%	-85,06%	112,01%	-39,85
Desp. Z. Central P2 M2	34,70%	13,03%	0,00%	25,21%	-3,85%	6,72%	-84,53%	108,67%	-40,63
Desp. Z. Central P2 M1	33,87%	12,86%	0,00%	24,56%	-3,84%	6,36%	-84,37%	110,51%	-40,16
Des. Secretaria P2 M3	53,29%	21,27%	0,00%	26,07%	-82,86%	95,76%	-136,76%	122,20%	-32,71
Desp. Secretaria P2 M2	23,96%	36,90%	0,00%	36,18%	-99,09%	119,84%	-194,40%	175,49%	-23,38
Desp. Secretaria P2 M1	27,71%	40,11%	0,00%	44,79%	-102,89%	110,20%	-242,09%	220,72%	-20,28

Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de LIDER

ANEXO C. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS Y SU CALIFICACIÓN

Tabla 80. Demandas anuales Refrigeración en concepto de envolvente térmica (kWh/m<sup>2</sup>·año)

Espacio	Paredes Exteriores	Cubiertas	Suelos	Puentes Térmicos	Solar Ventanas	Transmisión Ventanas	Fuentes Internas	Infiltración	TOTAL (kWh/m <sup>2</sup> ·año)
EP/S-01D	2,56	0,00	-4,30	0,95	10,87	2,02	40,57	-2,92	50,00
EP/S-02M	2,09	0,00	-4,67	0,82	15,83	1,68	42,52	-9,94	48,64
EP/S-03D	2,23	0,00	-4,50	0,88	10,85	1,76	41,46	-6,04	46,94
EP/S-04E	4,14	2,20	-4,51	2,01	37,03	4,15	55,58	-19,01	82,25
EP/S-05D	2,46	0,00	-5,23	1,77	22,15	4,82	51,29	-11,97	65,49
EP/S-06D	1,74	0,00	-4,17	0,83	12,55	2,10	42,61	-7,21	48,76
EP/S-07D	1,50	0,00	-4,12	0,87	12,51	2,14	43,69	-11,60	45,32
EP/S-08M	2,97	0,00	-4,34	0,70	12,40	1,81	35,42	6,96	56,09
EP/S-09G	2,39	0,00	-3,93	0,80	8,56	1,45	41,97	-5,13	46,38
EP/S-10P	2,99	0,00	-4,29	1,19	7,64	1,95	43,00	-0,10	52,54
EP/S-11P	2,84	0,00	-4,01	1,15	8,44	1,85	43,50	-1,78	52,17
EP/S-12M	3,63	0,00	-3,74	1,38	6,60	2,43	41,91	5,60	57,92
EP/S-13I	3,32	0,00	-3,38	2,23	3,37	2,87	35,96	-10,17	34,42
EP/S-14I	1,97	0,00	-3,67	2,08	1,11	2,60	48,66	-12,23	40,65
EP/S-15M	9,09	0,00	-3,26	1,76	8,93	2,98	44,28	-4,38	59,54
Taller Maquetas	1,87	0,00	-5,29	0,44	14,74	0,54	37,63	-14,45	35,65
Taller Arq. (Pecera)	0,03	0,38	-4,88	0,17	118,96	1,77	47,26	-18,57	146,17
Lab. Alan Turing	11,81	0,00	-3,77	1,75	3,85	6,61	61,93	-21,24	61,15
Lab. Niklaus Wirth	1,77	0,00	-4,77	1,04	8,62	4,43	59,87	-17,66	53,40
Salón de Actos	1,66	14,65	-3,51	1,33	11,97	2,70	34,61	2,44	65,98
Sala Reuniones. Claude	3,79	0,00	-2,15	0,21	6,24	0,46	19,49	-10,84	17,31
EP/0-16M	2,35	2,62	0,00	1,11	11,19	1,45	49,19	-5,67	62,37
EP/0-17D	1,12	3,78	0,00	0,67	13,10	0,61	45,05	-8,90	55,70
EP/0-18M	2,00	1,60	0,00	0,93	17,88	1,75	43,96	-2,21	66,09
EP/0-19D	1,25	3,97	0,00	0,79	13,12	0,92	44,30	-6,44	58,18
EP/0-20D	0,98	0,00	0,00	0,19	15,79	-0,26	48,33	-9,58	55,68
EP/0-21E	0,66	0,00	0,00	0,27	15,70	-0,10	49,12	-10,95	54,93
EP/0-22M	1,97	0,55	0,00	0,20	14,71	0,78	39,58	0,20	58,16
EP/0-23G	1,59	0,00	0,00	0,03	11,37	-0,11	49,06	-8,33	53,81
EP/0-24P	2,05	2,53	0,00	0,93	9,71	1,20	48,29	-3,15	61,70
EP/0-25M	2,29	2,59	0,00	1,03	11,04	1,36	48,12	-2,04	64,52
EP/0-26M	1,41	2,04	0,00	0,57	9,33	0,17	51,13	-11,97	52,87
EP/0-27I	2,28	3,13	0,00	1,89	6,14	2,52	64,82	-18,06	62,89
EP/0-28I	1,19	2,03	0,00	1,03	1,06	0,43	65,48	-15,38	55,99
EP/0-29I	0,90	5,29	0,00	1,55	4,99	2,46	50,28	-15,15	50,46
EP/0-30I	2,78	0,61	0,00	2,18	12,24	2,16	53,33	-16,43	56,99
Conserjería	14,73	0,79	0,00	1,86	11,56	14,33	46,71	-15,90	74,29
Laboratorio Técnico	0,15	2,84	0,00	-0,21	19,85	-0,86	51,06	-16,28	56,80
Laboratorio Invest.	0,75	2,93	0,00	0,51	30,29	0,46	49,45	-17,25	67,53
Sala de Reuniones	0,22	2,59	0,00	0,70	42,40	2,34	42,17	-20,03	70,58
Desp. Zona Oeste P1 M3	2,85	0,00	3,53	-0,05	1,00	0,95	21,18	-8,55	20,91
Desp. Zona Oeste P1 M2	2,85	0,00	3,56	-0,05	0,99	0,94	21,03	-8,42	20,90
Desp. Zona Oeste P1 M1	2,82	0,00	3,52	-0,05	0,99	0,96	21,14	-8,52	20,87
Desp. Zona Centr P1 M3	3,19	0,00	1,35	0,39	1,14	1,42	23,81	-10,36	20,97
Desp. Zona Centr P1 M2	2,52	0,00	3,84	-0,15	0,95	0,74	20,27	-8,21	19,96
Desp. Zona Centr P1 M1	3,08	0,00	1,85	0,31	1,09	1,35	23,07	-9,92	20,85
Desp. Secretaria P1 M3	-2,39	0,00	0,00	-0,52	40,43	-4,50	50,41	-12,83	70,79
Desp. Secretaria P1 M2	-1,76	0,00	0,00	-1,45	39,30	-6,98	54,66	-14,82	69,13
Desp. Secretaria P1 M1	-1,87	0,00	0,00	-1,84	34,51	-6,44	62,40	-15,87	71,07
Desp. Zona Oeste P2 M3	2,70	3,92	0,00	0,55	1,15	1,68	24,01	-11,49	22,57
Desp. Zona Oeste P2 M2	3,18	3,70	0,00	0,67	1,08	1,70	22,66	-10,64	22,38
Desp. Zona Oeste P2 M1	2,70	3,94	0,00	0,57	1,15	1,71	24,03	-11,53	22,60
Desp. Z. Central P2 M3	2,46	3,86	0,00	0,49	1,12	1,58	23,66	-11,59	21,62
Desp. Z. Central P2 M2	2,52	3,82	0,00	0,47	1,10	1,56	23,21	-11,10	21,61
Desp. Z. Central P2 M1	2,53	3,88	0,00	0,52	1,12	1,62	23,67	-11,64	21,73
Des. Secretaria P2 M3	-2,20	1,36	0,00	-0,39	40,78	-3,83	50,41	-14,09	72,38
Desp. Secretaria P2 M2	-1,17	0,81	0,00	-1,30	40,52	-6,09	54,86	-16,75	71,16
Desp. Secretaria P2 M1	-1,26	0,57	0,00	-1,54	35,28	-5,50	63,00	-18,39	72,46

Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de LIDER

ANEXO C. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS Y SU CALIFICACIÓN

Tabla 81. Relación % Demandas anuales Refrigeración por envolvente térmica y totales por espacio

Espacio	Paredes Ext.	Cubiertas	Suelos	Puentes Térmicos	Solar Ventanas	Trans. Ventanas	Fuentes Internas	Infilt.	TOTAL (kWh/m²·año)
EP/S-01D	5,13%	0,00%	-8,60%	1,90%	21,74%	4,04%	81,14%	-5,84%	50,00
EP/S-02M	4,30%	0,00%	-9,60%	1,69%	32,56%	3,45%	87,42%	-20,45%	48,64
EP/S-03D	4,75%	0,00%	-9,58%	1,88%	23,12%	3,75%	88,32%	-12,86%	46,94
EP/S-04E	5,04%	2,68%	-5,48%	2,44%	45,02%	5,04%	67,57%	-23,12%	82,25
EP/S-05D	3,75%	0,00%	-7,98%	2,70%	33,82%	7,36%	78,31%	-18,28%	65,49
EP/S-06D	3,57%	0,00%	-8,55%	1,70%	25,75%	4,30%	87,39%	-14,79%	48,76
EP/S-07D	3,31%	0,00%	-9,09%	1,92%	27,61%	4,71%	96,41%	-25,59%	45,32
EP/S-08M	5,29%	0,00%	-7,75%	1,25%	22,11%	3,22%	63,15%	12,41%	56,09
EP/S-09G	5,16%	0,00%	-8,48%	1,72%	18,47%	3,13%	90,51%	-11,06%	46,38
EP/S-10P	5,69%	0,00%	-8,16%	2,26%	14,53%	3,71%	81,84%	-0,18%	52,54
EP/S-11P	5,44%	0,00%	-7,68%	2,21%	16,18%	3,55%	83,39%	-3,41%	52,17
EP/S-12M	6,26%	0,00%	-6,46%	2,38%	11,39%	4,20%	72,36%	9,66%	57,92
EP/S-13I	9,65%	0,00%	-9,81%	6,49%	9,79%	8,35%	104,48%	-29,56%	34,42
EP/S-14I	4,85%	0,00%	-9,02%	5,12%	2,72%	6,40%	119,71%	-30,08%	40,65
EP/S-15M	15,27%	0,00%	-5,48%	2,96%	14,99%	5,00%	74,37%	-7,35%	59,54
Taller Maquetas	5,24%	0,00%	-14,84%	1,25%	41,35%	1,50%	105,56%	-40,52%	35,65
Taller Arq. (Pecera)	0,02%	0,26%	-3,34%	0,11%	81,39%	1,21%	32,34%	-12,71%	146,17
Lab. Alan Turing	19,31%	0,00%	-6,16%	2,85%	6,30%	10,80%	101,27%	-34,73%	61,15
Lab. Niklaus Wirth	3,31%	0,00%	-8,94%	1,96%	16,14%	8,30%	112,11%	-33,07%	53,40
Salón de Actos	2,52%	22,20%	-5,32%	2,02%	18,15%	4,09%	52,46%	3,70%	65,98
Sala Reuniones. Claude	21,88%	0,00%	-12,40%	1,19%	36,05%	2,66%	112,59%	-62,60%	17,31
EP/O-16M	3,76%	4,21%	0,00%	1,78%	17,94%	2,32%	78,87%	-9,09%	62,37
EP/O-17D	2,01%	6,79%	0,00%	1,20%	23,52%	1,09%	80,88%	-15,98%	55,70
EP/O-18M	3,03%	2,43%	0,00%	1,41%	27,05%	2,64%	66,51%	-3,34%	66,09
EP/O-19D	2,15%	6,83%	0,00%	1,36%	22,56%	1,58%	76,15%	-11,07%	58,18
EP/O-20D	1,76%	0,00%	0,00%	0,35%	28,36%	-0,46%	86,80%	-17,21%	55,68
EP/O-21E	1,21%	0,00%	0,00%	0,48%	28,58%	-0,18%	89,42%	-19,94%	54,93
EP/O-22M	3,38%	0,94%	0,00%	0,34%	25,28%	1,34%	68,06%	0,34%	58,16
EP/O-23G	2,96%	0,00%	0,00%	0,06%	21,13%	-0,20%	91,16%	-15,47%	53,81
EP/O-24P	3,33%	4,10%	0,00%	1,51%	15,73%	1,95%	78,26%	-5,10%	61,70
EP/O-25M	3,55%	4,01%	0,00%	1,60%	17,11%	2,11%	74,58%	-3,16%	64,52
EP/O-26M	2,68%	3,86%	0,00%	1,09%	17,64%	0,32%	96,70%	-22,64%	52,87
EP/O-27I	3,63%	4,98%	0,00%	3,01%	9,76%	4,00%	103,08%	-28,72%	62,89
EP/O-28I	2,13%	3,63%	0,00%	1,85%	1,90%	0,78%	116,96%	-27,46%	55,99
EP/O-29I	1,78%	10,48%	0,00%	3,07%	9,89%	4,87%	99,65%	-30,02%	50,46
EP/O-30I	4,87%	1,07%	0,00%	3,83%	21,48%	3,80%	93,58%	-28,84%	56,99
Conserjería	19,83%	1,06%	0,00%	2,51%	15,57%	19,29%	62,88%	-21,40%	74,29
Laboratorio Técnico	0,26%	5,01%	0,00%	-0,38%	34,94%	-1,52%	89,89%	-28,66%	56,80
Laboratorio Invest.	1,11%	4,34%	0,00%	0,76%	44,86%	0,68%	73,22%	-25,55%	67,53
Sala de Reuniones	0,31%	3,67%	0,00%	0,99%	60,07%	3,32%	59,74%	-28,37%	70,58
Desp. Z. Oeste P1 M3	13,61%	0,00%	16,86%	-0,25%	4,79%	4,53%	101,29%	-40,88%	20,91
Desp. Z. Oeste P1 M2	13,62%	0,00%	17,02%	-0,26%	4,72%	4,52%	100,61%	-40,28%	20,90
Desp. Z. Oeste P1 M1	13,50%	0,00%	16,88%	-0,24%	4,75%	4,60%	101,29%	-40,84%	20,87
Desp. Z. Central P1 M3	15,19%	0,00%	6,43%	1,87%	5,44%	6,78%	113,57%	-49,42%	20,97
Desp. Z. Central P1 M2	12,62%	0,00%	19,24%	-0,74%	4,74%	3,72%	101,53%	-41,11%	19,96
Desp. Z. Central P1 M1	14,78%	0,00%	8,85%	1,49%	5,23%	6,46%	110,67%	-47,59%	20,85
Desp. Secretaria P1 M3	-3,38%	0,00%	0,00%	-0,73%	57,11%	-6,36%	71,21%	-18,13%	70,79
Desp. Secretaria P1 M2	-2,55%	0,00%	0,00%	-2,10%	56,85%	-10,09%	79,07%	-21,45%	69,13
Desp. Secretaria P1 M1	-2,64%	0,00%	0,00%	-2,59%	48,55%	-9,06%	87,80%	-22,33%	71,07
Desp. Z. Oeste P2 M3	11,98%	17,39%	0,00%	2,45%	5,08%	7,44%	106,38%	-50,90%	22,57
Desp. Z. Oeste P2 M2	14,23%	16,55%	0,00%	2,98%	4,82%	7,62%	101,26%	-47,53%	22,38
Desp. Z. Oeste P2 M1	11,93%	17,45%	0,00%	2,50%	5,08%	7,56%	106,32%	-51,01%	22,60
Desp. Z. Central P2 M3	11,36%	17,86%	0,00%	2,27%	5,19%	7,30%	109,43%	-53,58%	21,62
Desp. Z. Central P2 M2	11,67%	17,67%	0,00%	2,19%	5,10%	7,22%	107,41%	-51,39%	21,61
Desp. Z. Central P2 M1	11,65%	17,87%	0,00%	2,38%	5,16%	7,45%	108,92%	-53,57%	21,73
Desp. Secretaria P2 M3	-3,04%	1,88%	0,00%	-0,53%	56,34%	-5,30%	69,64%	-19,47%	72,38
Desp. Secretaria P2 M2	-1,64%	1,13%	0,00%	-1,82%	56,95%	-8,56%	77,09%	-23,53%	71,16
Desp. Secretaria P2 M1	-1,74%	0,79%	0,00%	-2,13%	48,69%	-7,59%	86,95%	-25,38%	72,46

Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de LIDER

### **ANEXO C.3. GRÁFICAS DE RESULTADOS DE DEMANDAS TÉRMICAS Y CARGAS PUNTA**

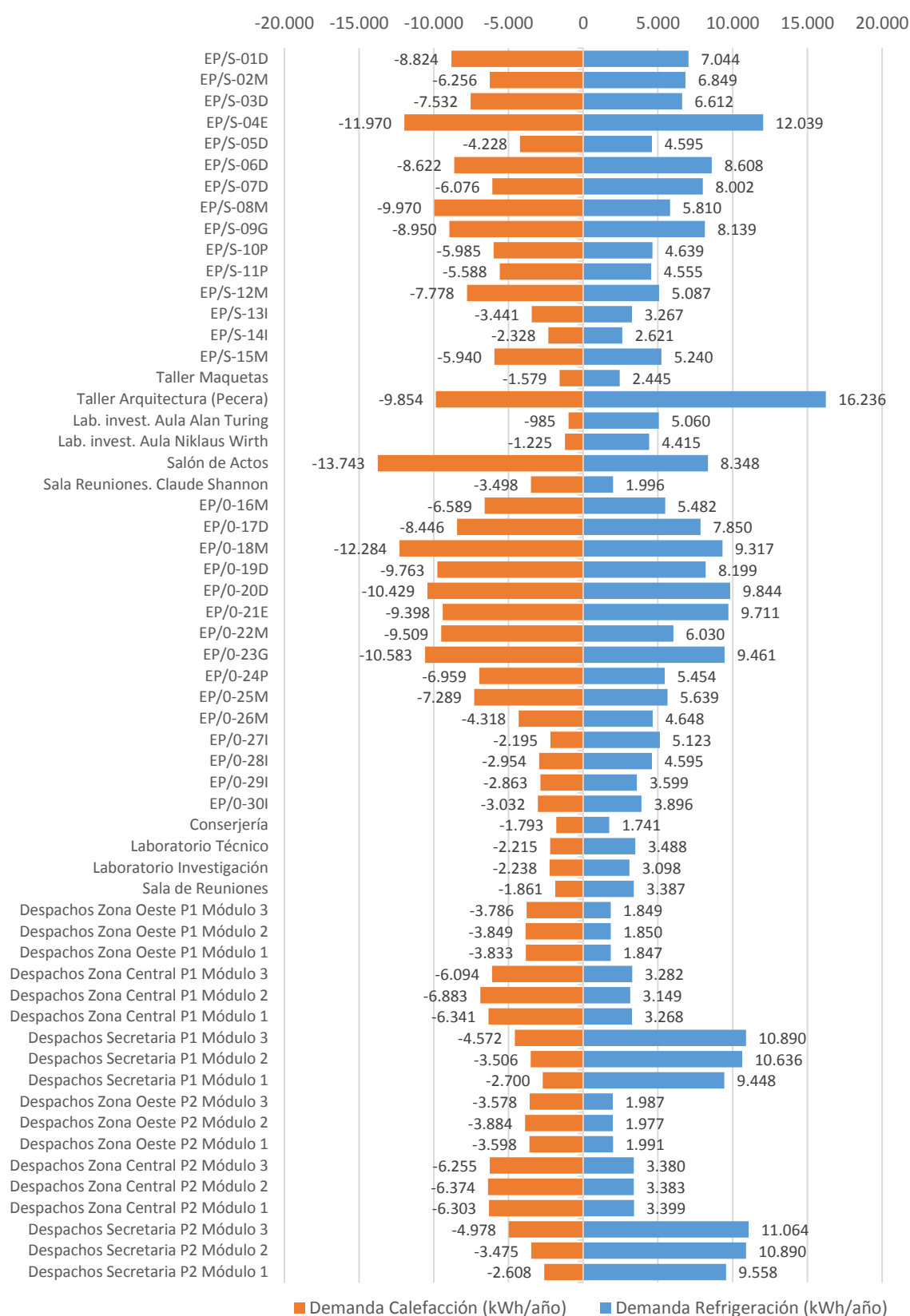
Para una mayor visión general de las demandas térmicas y cargas punta de cálculo de *LIDER-Calener VyP* de cada espacio del edificio, se muestran las siguientes gráficas, que corresponden a las tablas mostradas anteriormente.

Los valores negativos de las gráficas son demandas de calefacción y los valores positivos son demandas de refrigeración.



ANEXO C. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS Y SU CALIFICACIÓN

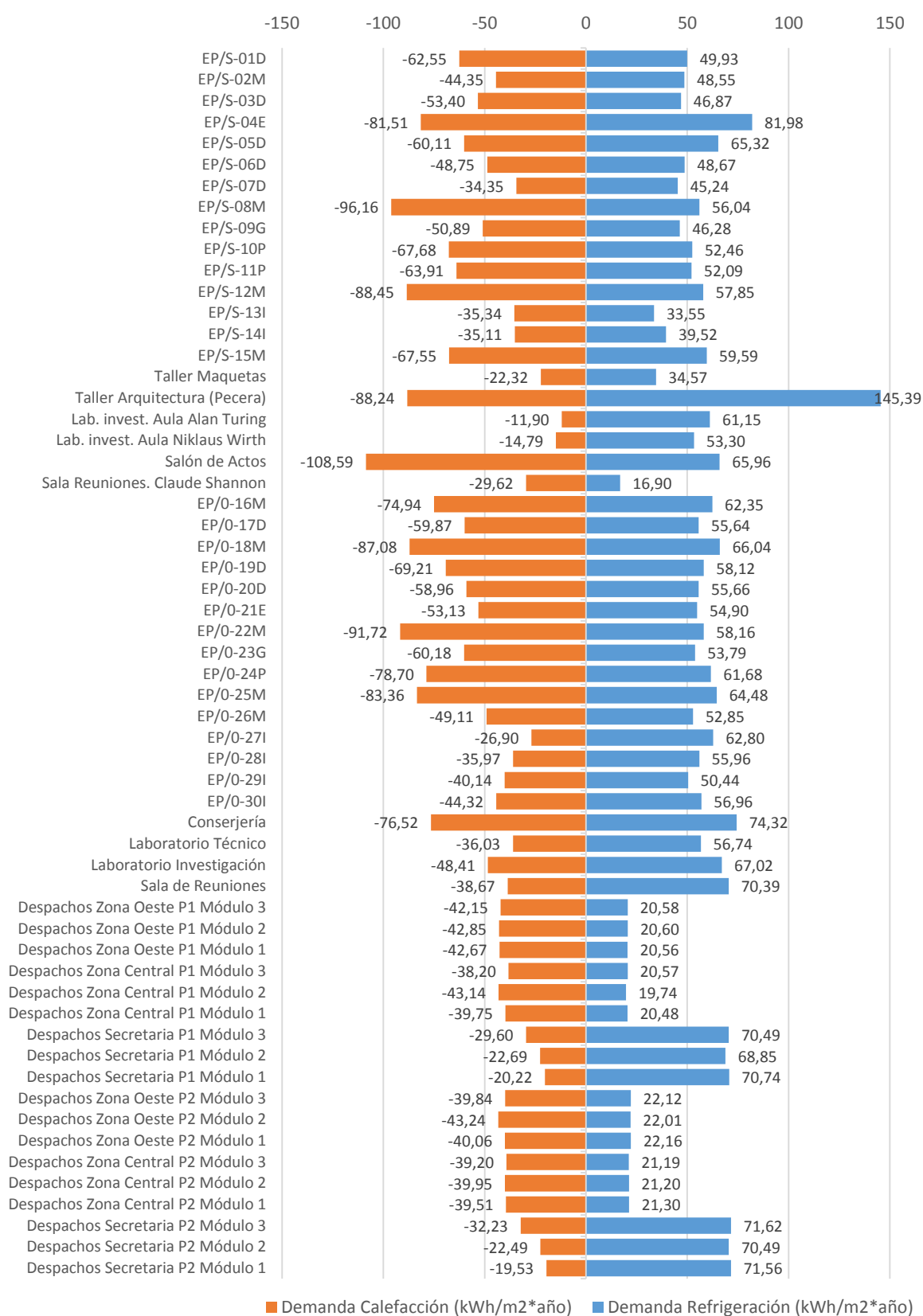
Gráfica 30. Demandas Calefacción-Refrigeración por espacios (kWh/año)



Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de LIDER

ANEXO C. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS Y SU CALIFICACIÓN

Gráfica 31. Demandas Calefacción-Refrigeración por espacios (kWh/m<sup>2</sup>·año)

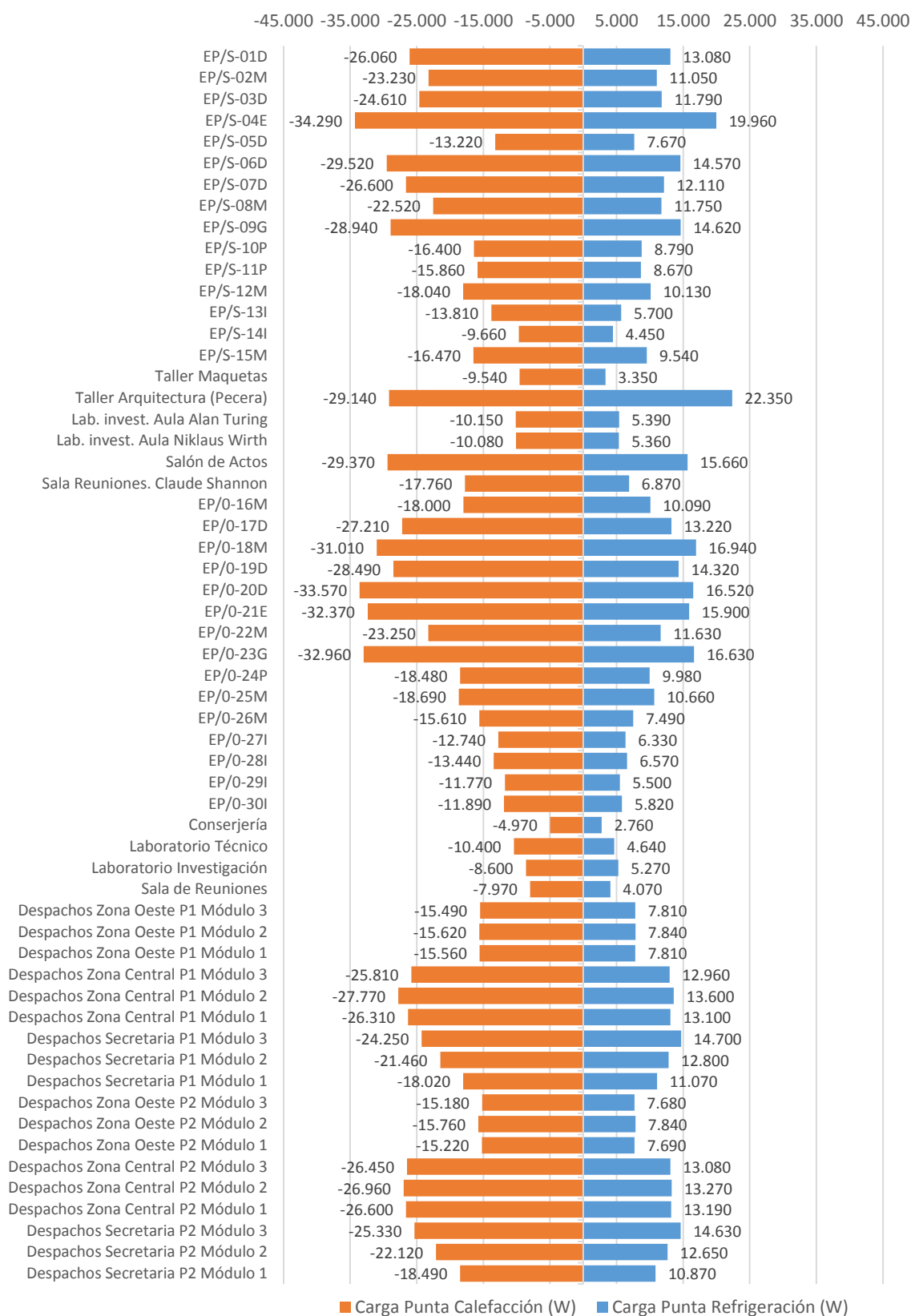


Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de LIDER



ANEXO C. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS Y SU CALIFICACIÓN

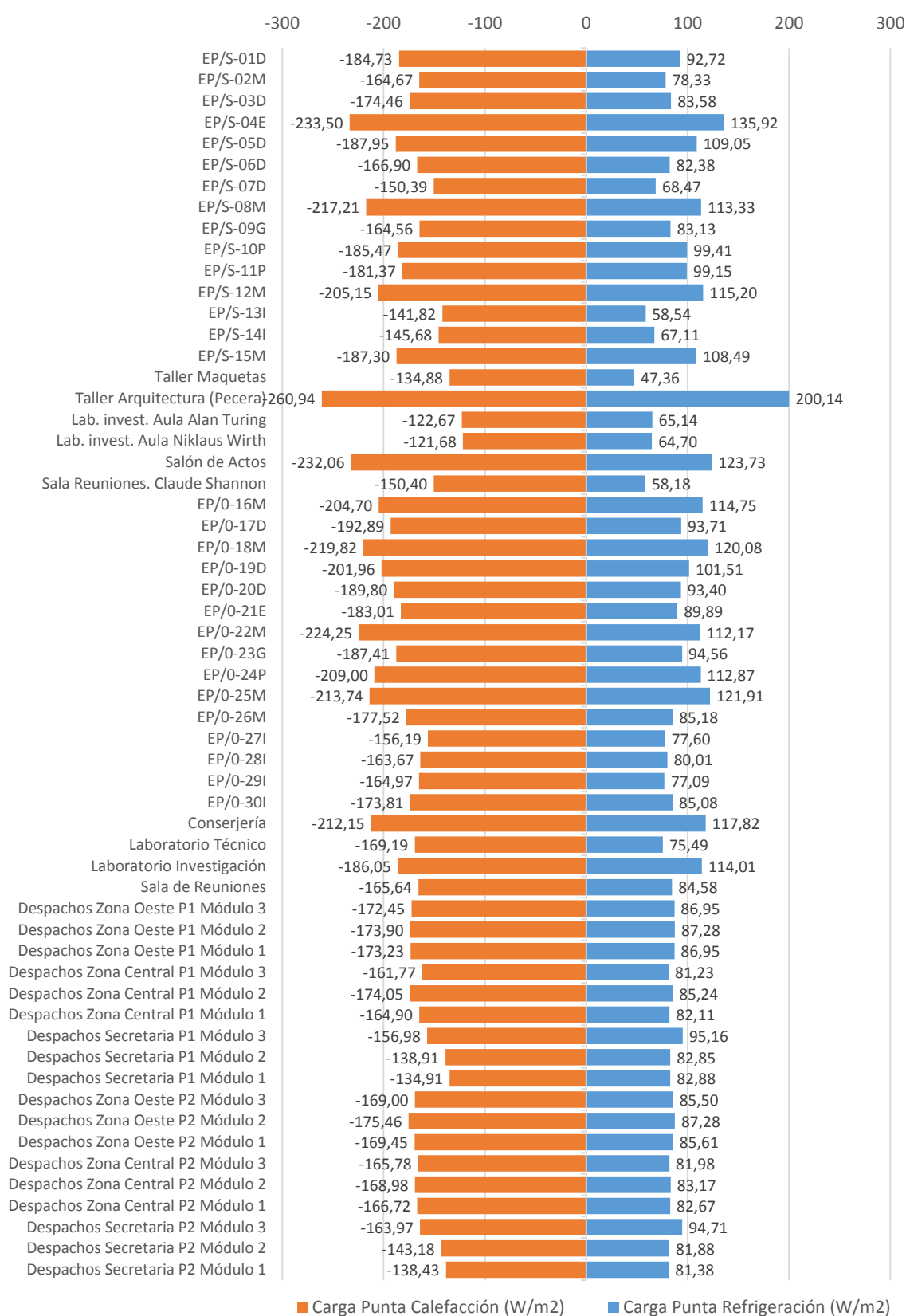
Gráfica 32. Cargas Punta en Calefacción y Refrigeración (W)



Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de LIDER

ANEXO C. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS Y SU CALIFICACIÓN

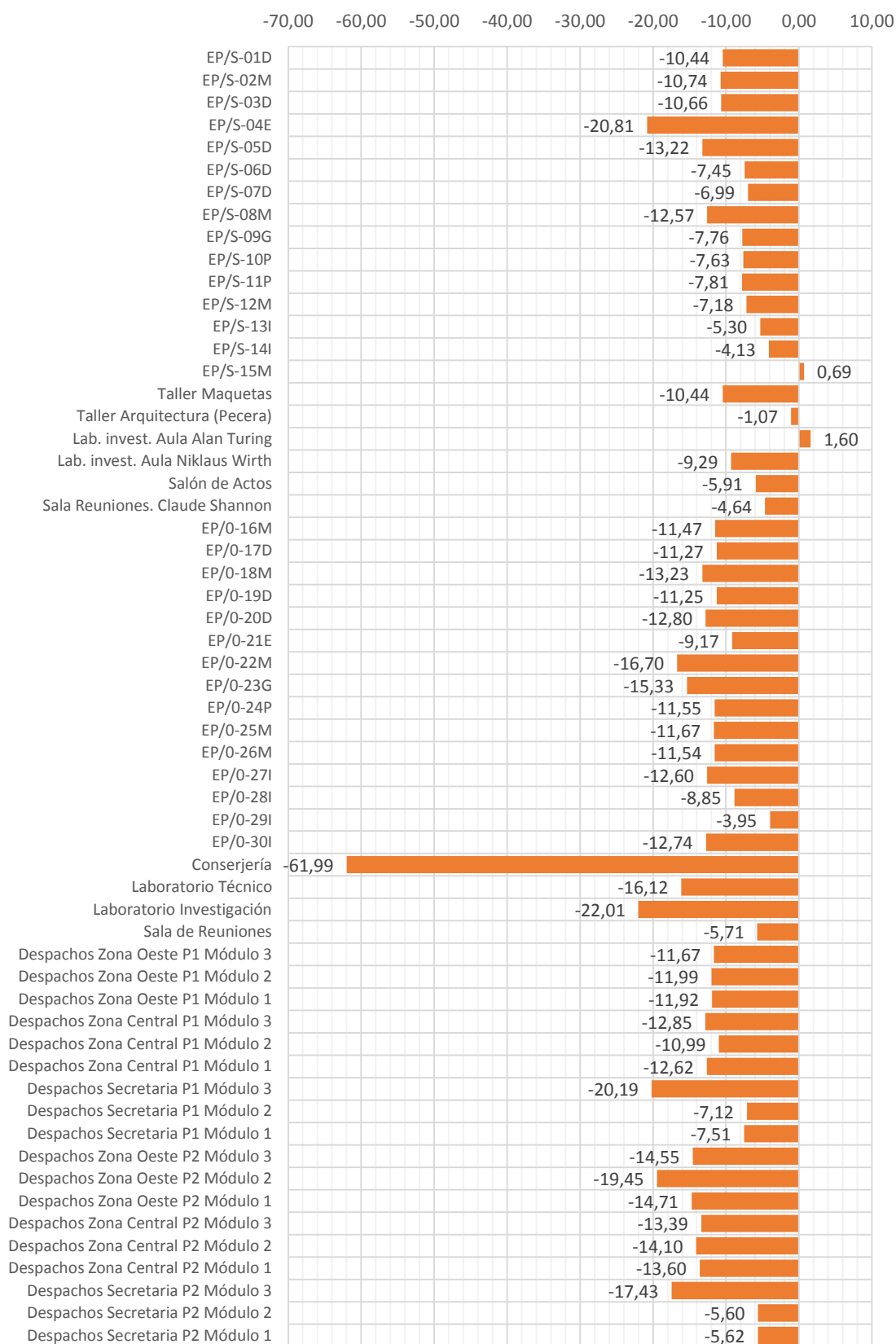
Gráfica 33. Cargas Punta en Calefacción y Refrigeración (W/m<sup>2</sup>)



Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de LIDER

ANEXO C. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS Y SU CALIFICACIÓN

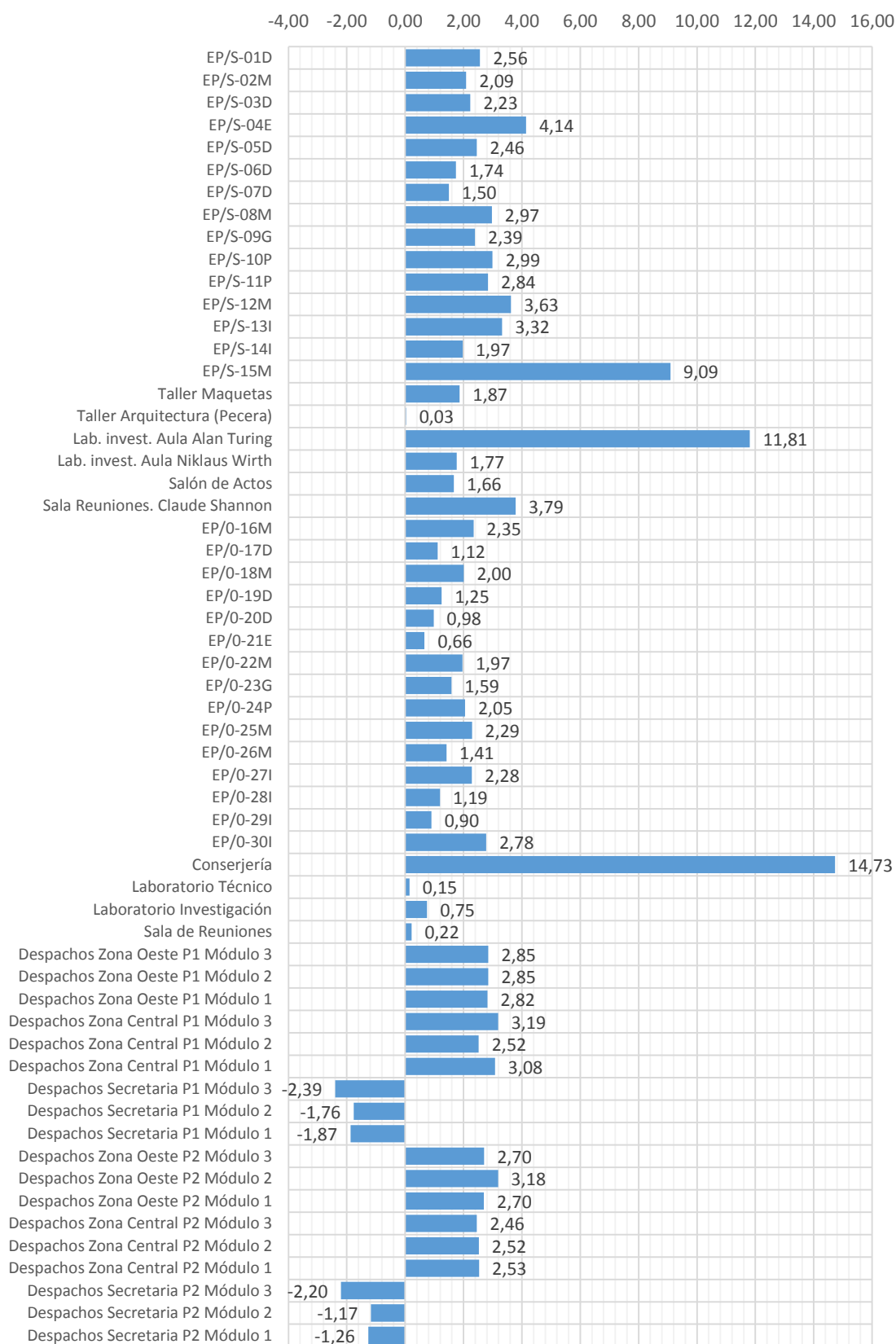
Gráfica 34. Paredes Exteriores. Demandas Calefacción ( $\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{año}$ )



Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de LIDER

ANEXO C. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS Y SU CALIFICACIÓN

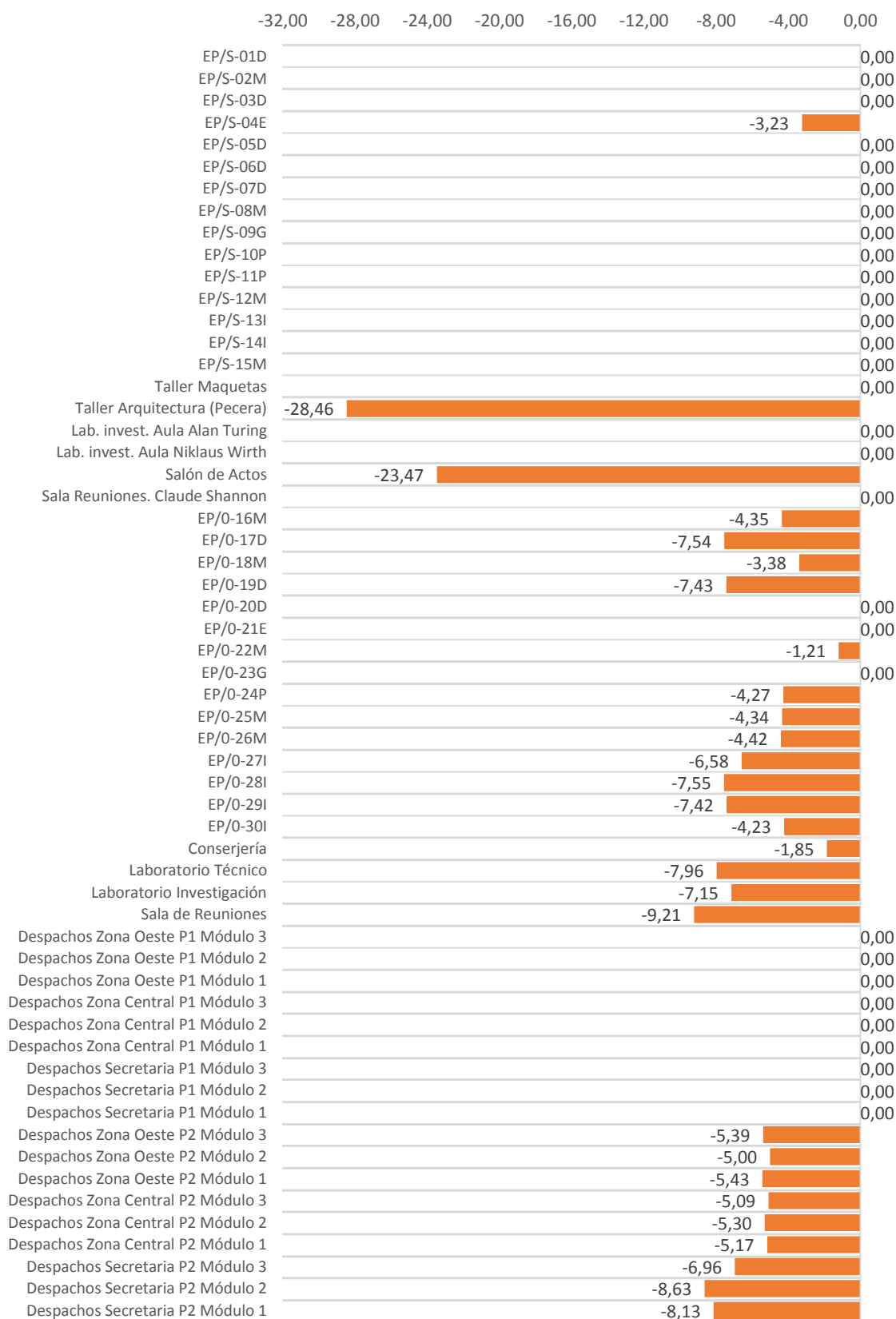
Gráfica 35. Paredes Exteriores. Demandas Refrigeración (kWh/m<sup>2</sup>·año)



Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de LIDER

ANEXO C. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS Y SU CALIFICACIÓN

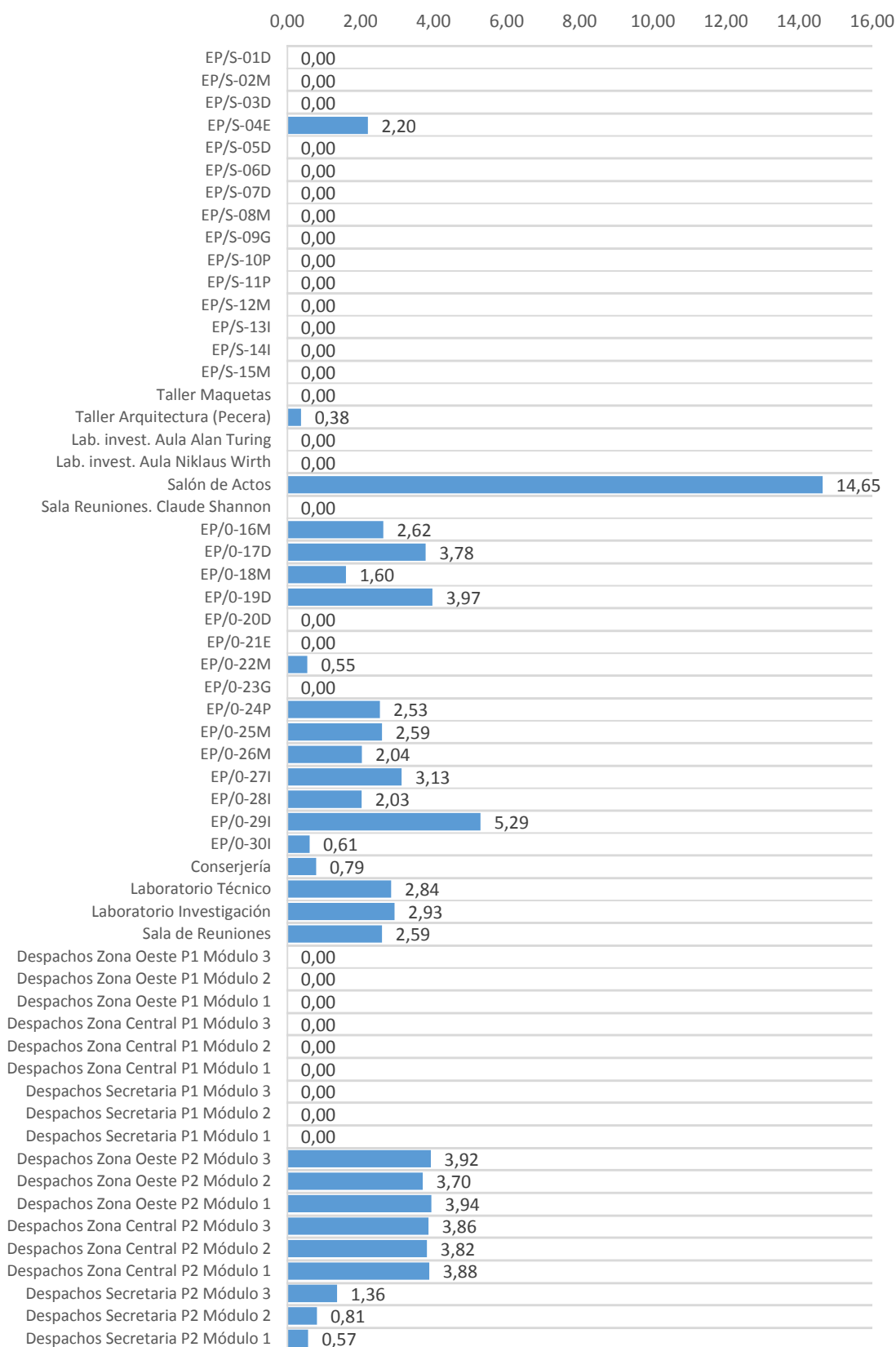
Gráfica 36. Cubiertas. Demandas Calefacción ( $\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{año}$ )



Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de LIDER

ANEXO C. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS Y SU CALIFICACIÓN

Gráfica 37. Cubiertas. Demandas Refrigeración (kWh/m<sup>2</sup>-año)

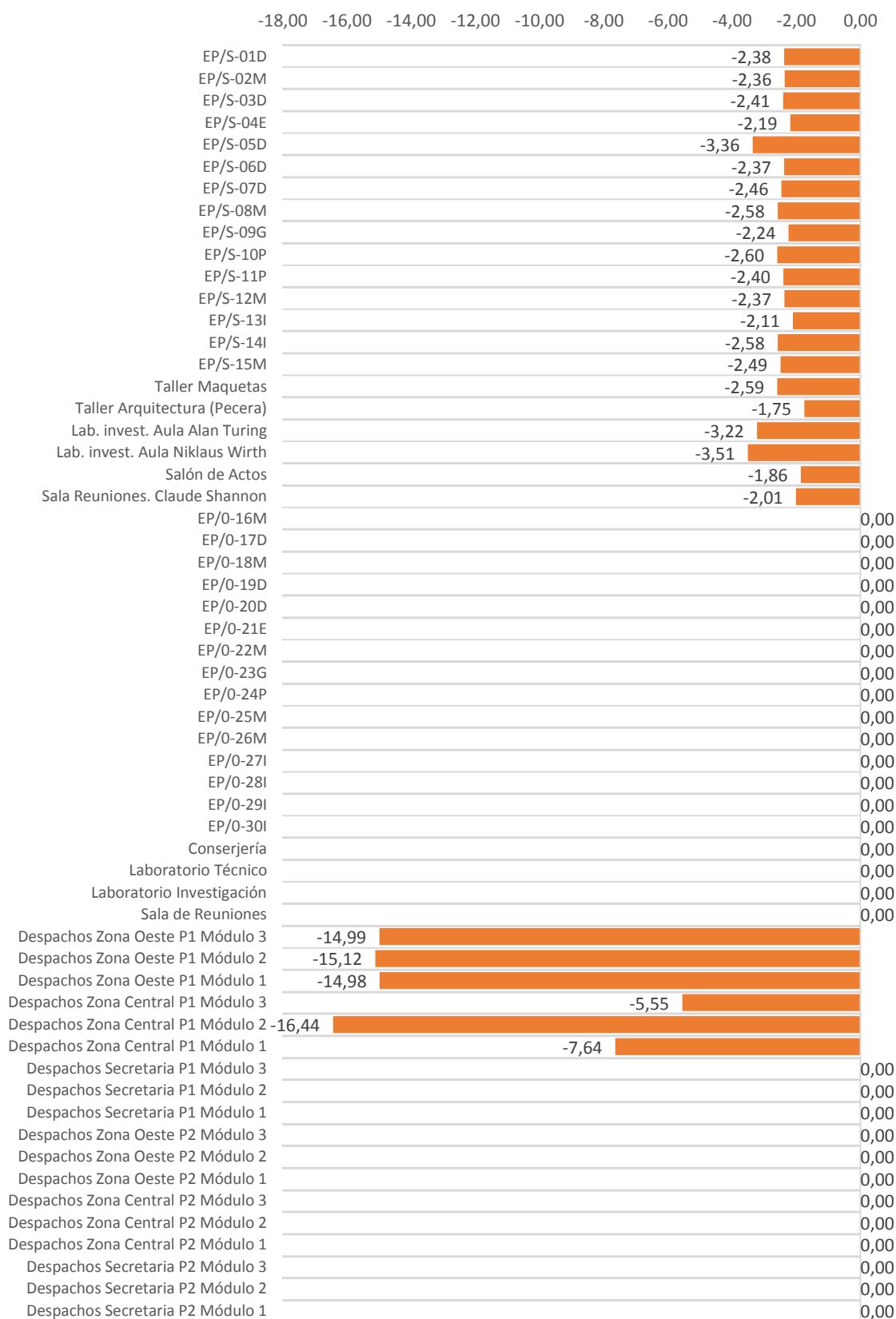


Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de LIDER



ANEXO C. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS Y SU CALIFICACIÓN

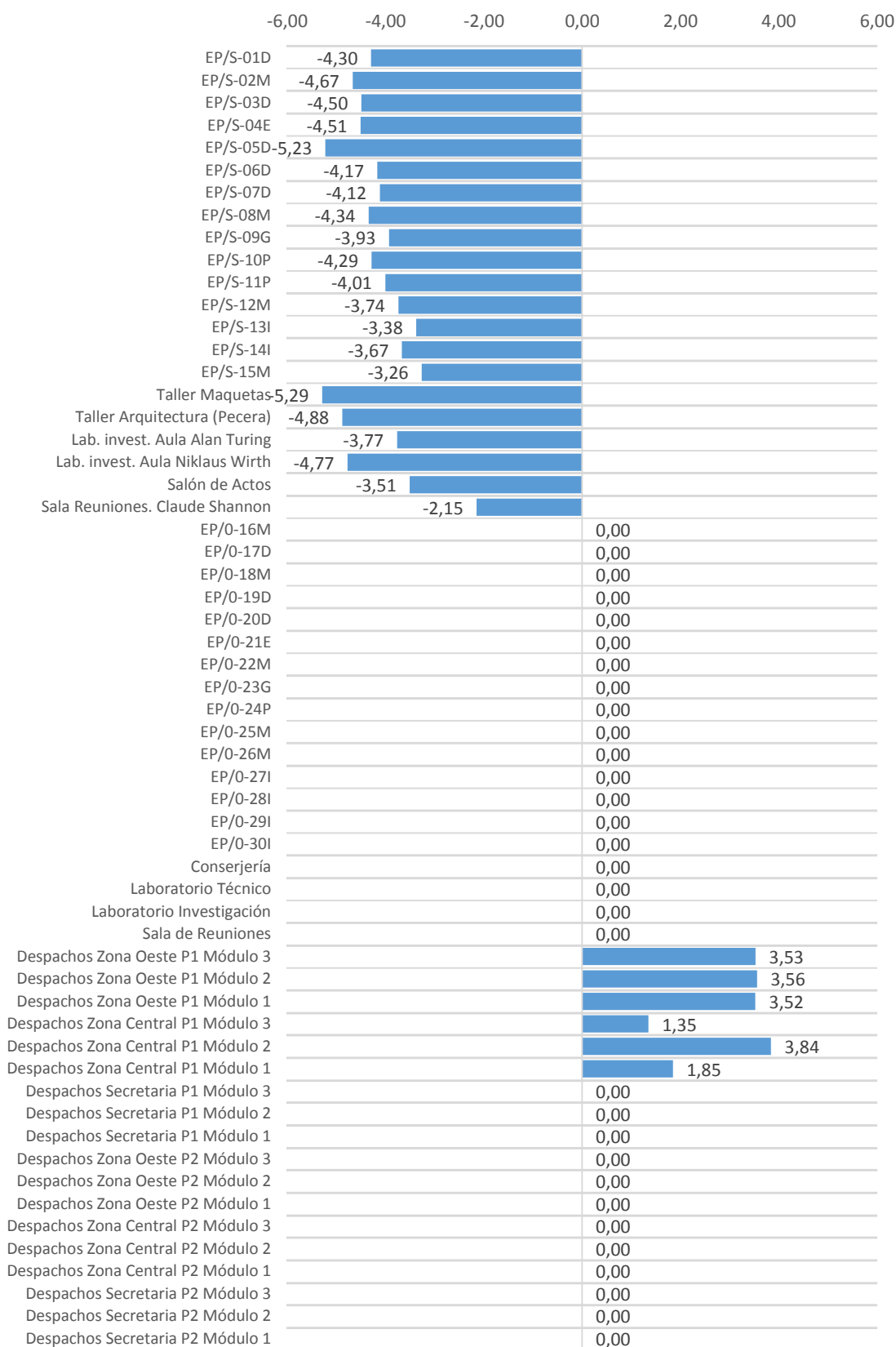
Gráfica 38. Suelos. Demandas Calefacción (kWh/m<sup>2</sup>-año)



Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de LIDER

ANEXO C. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS Y SU CALIFICACIÓN

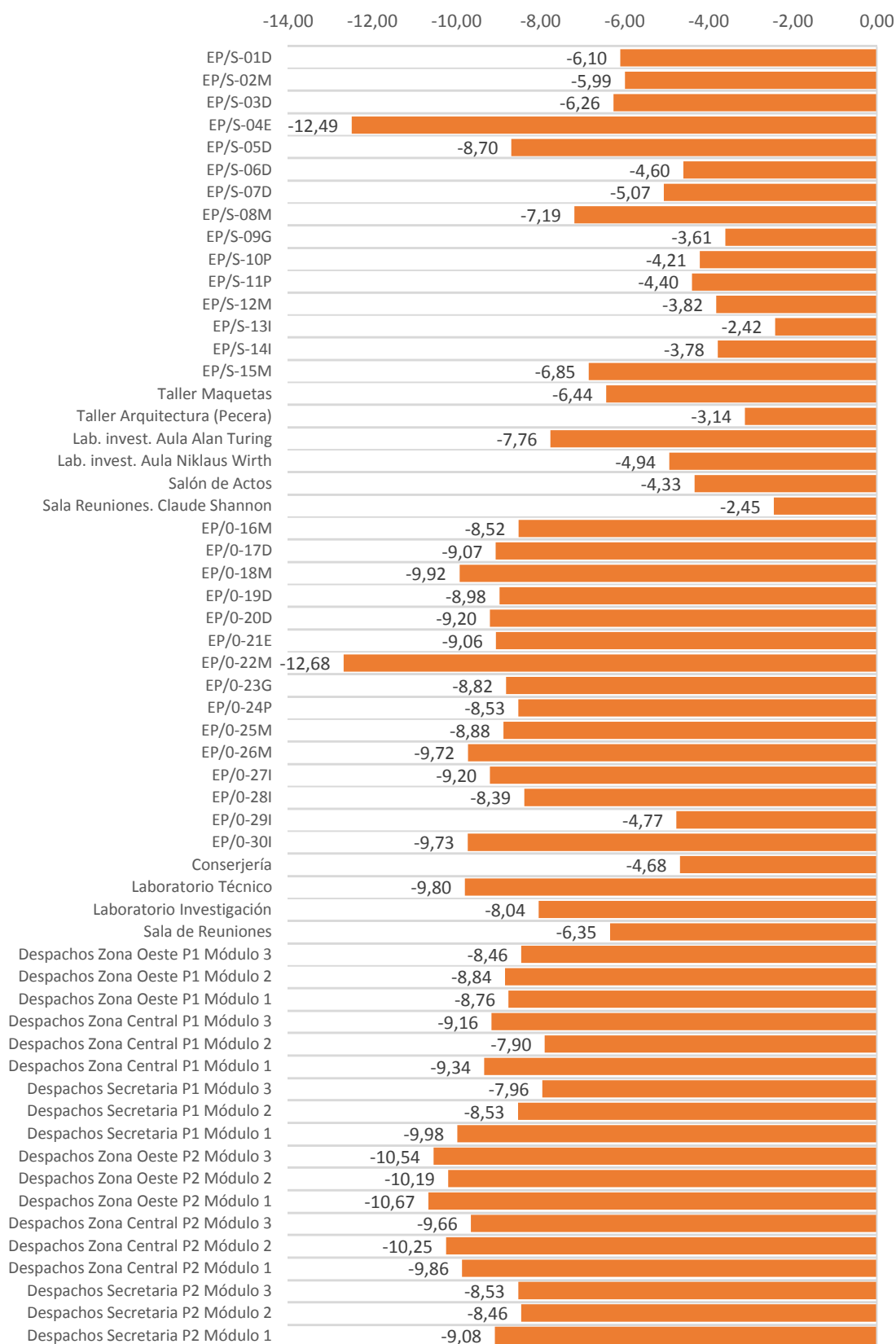
Gráfica 39. Suelos. Demandas Refrigeración (kWh/m<sup>2</sup>-año)



Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de LIDER

ANEXO C. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS Y SU CALIFICACIÓN

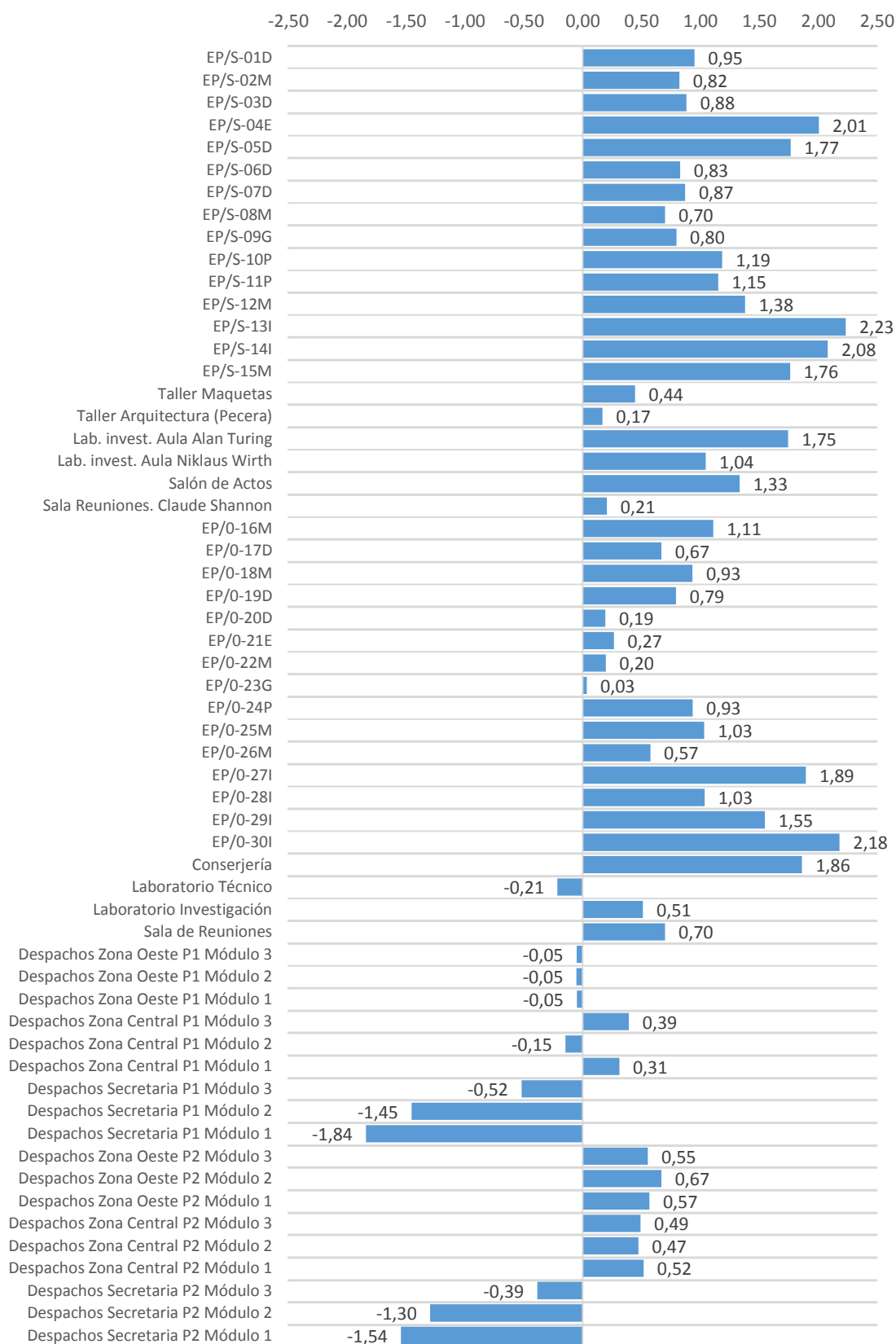
Gráfica 40. Puentes Térmicos. Demandas Calefacción ( $\text{kWh/m}^2\text{-año}$ )



Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de LIDER

ANEXO C. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS Y SU CALIFICACIÓN

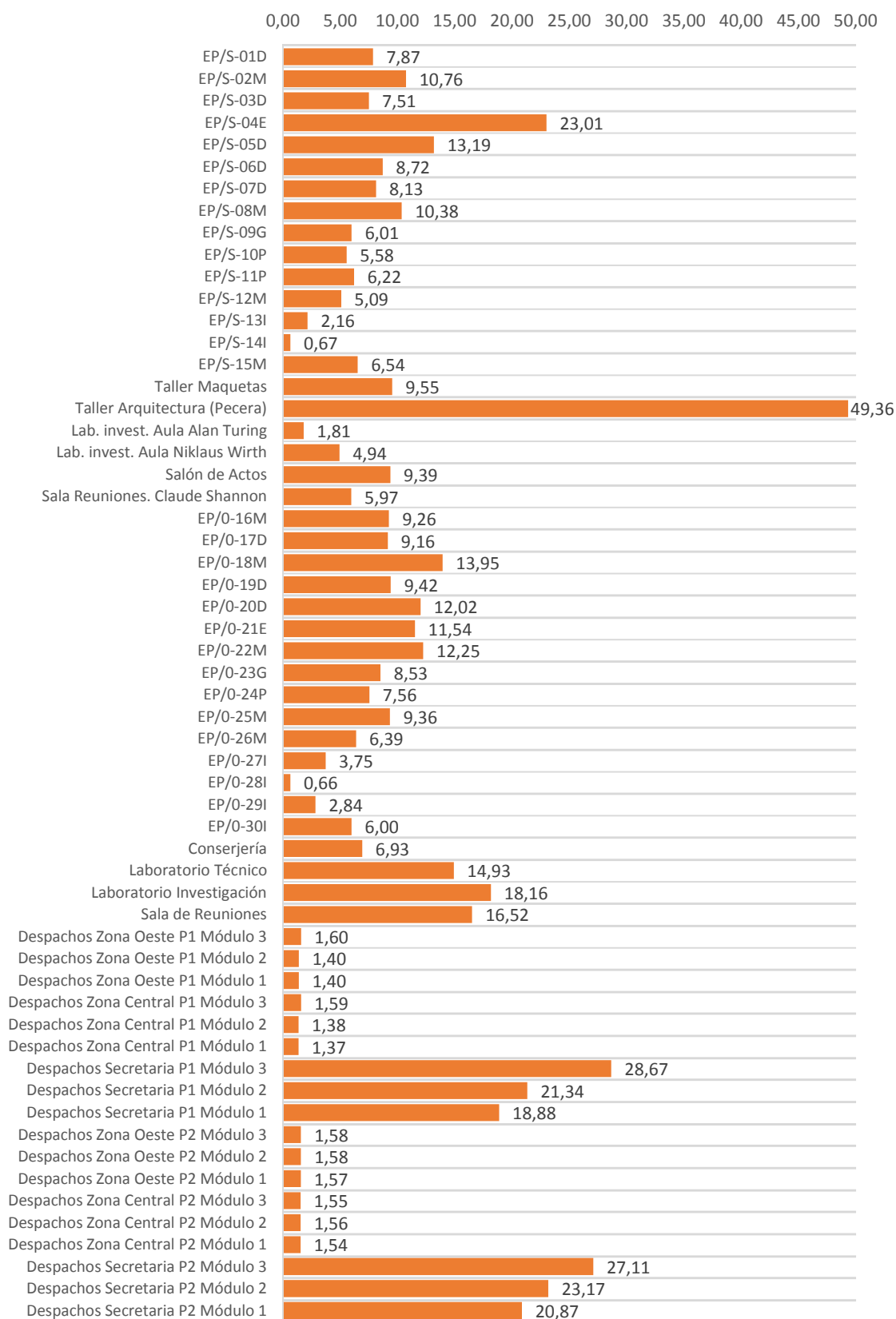
Gráfica 41. Puentes Térmicos. Demandas Refrigeración (kWh/m<sup>2</sup>·año)



Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de LIDER

ANEXO C. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS Y SU CALIFICACIÓN

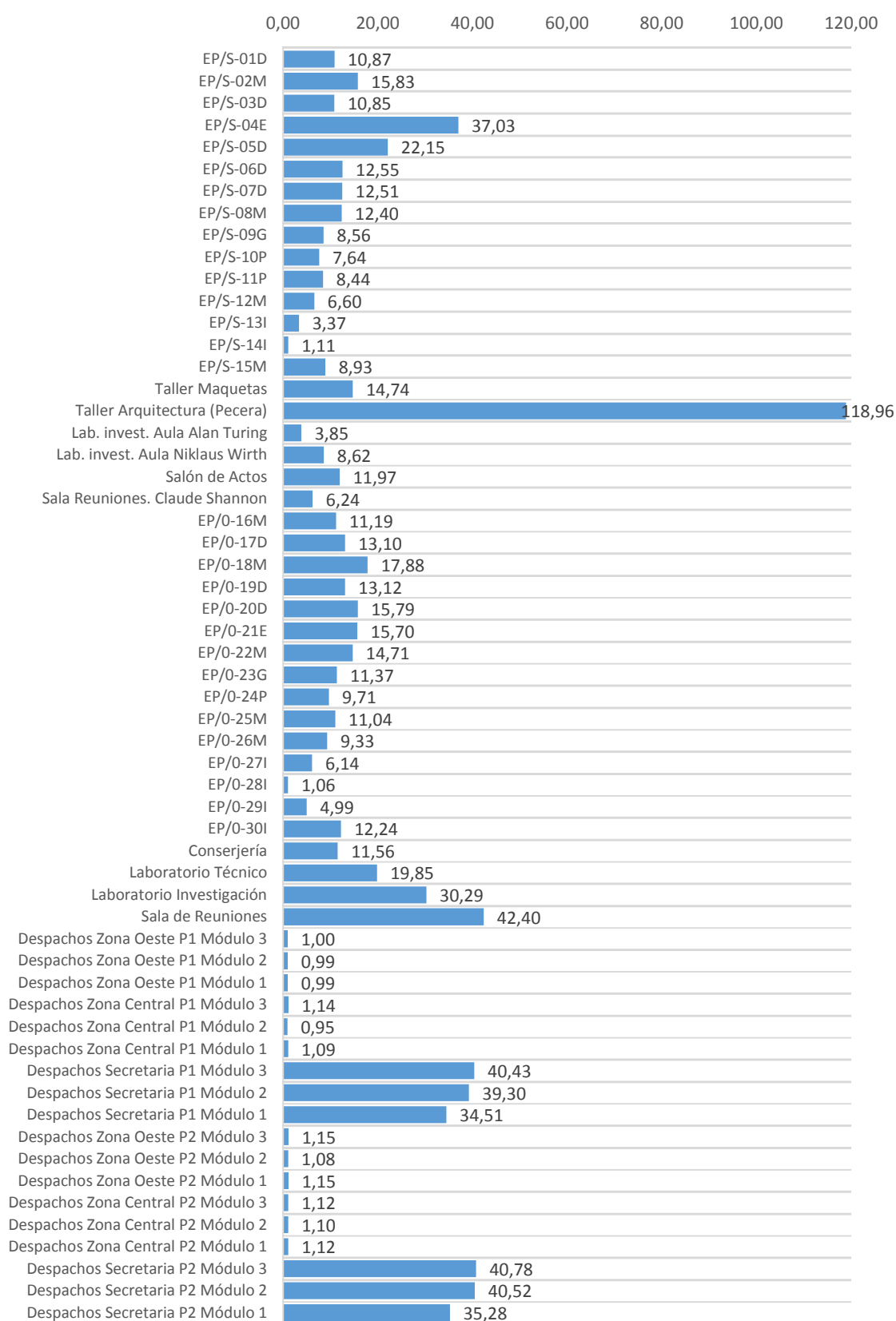
Gráfica 42. Radiación Solar Ventanas. Demandas Calefacción (kWh/m<sup>2</sup>·año)



Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de LIDER

ANEXO C. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS Y SU CALIFICACIÓN

Gráfica 43. Radiación Solar Ventanas. Demandas Refrigeración (kWh/m<sup>2</sup>·año)

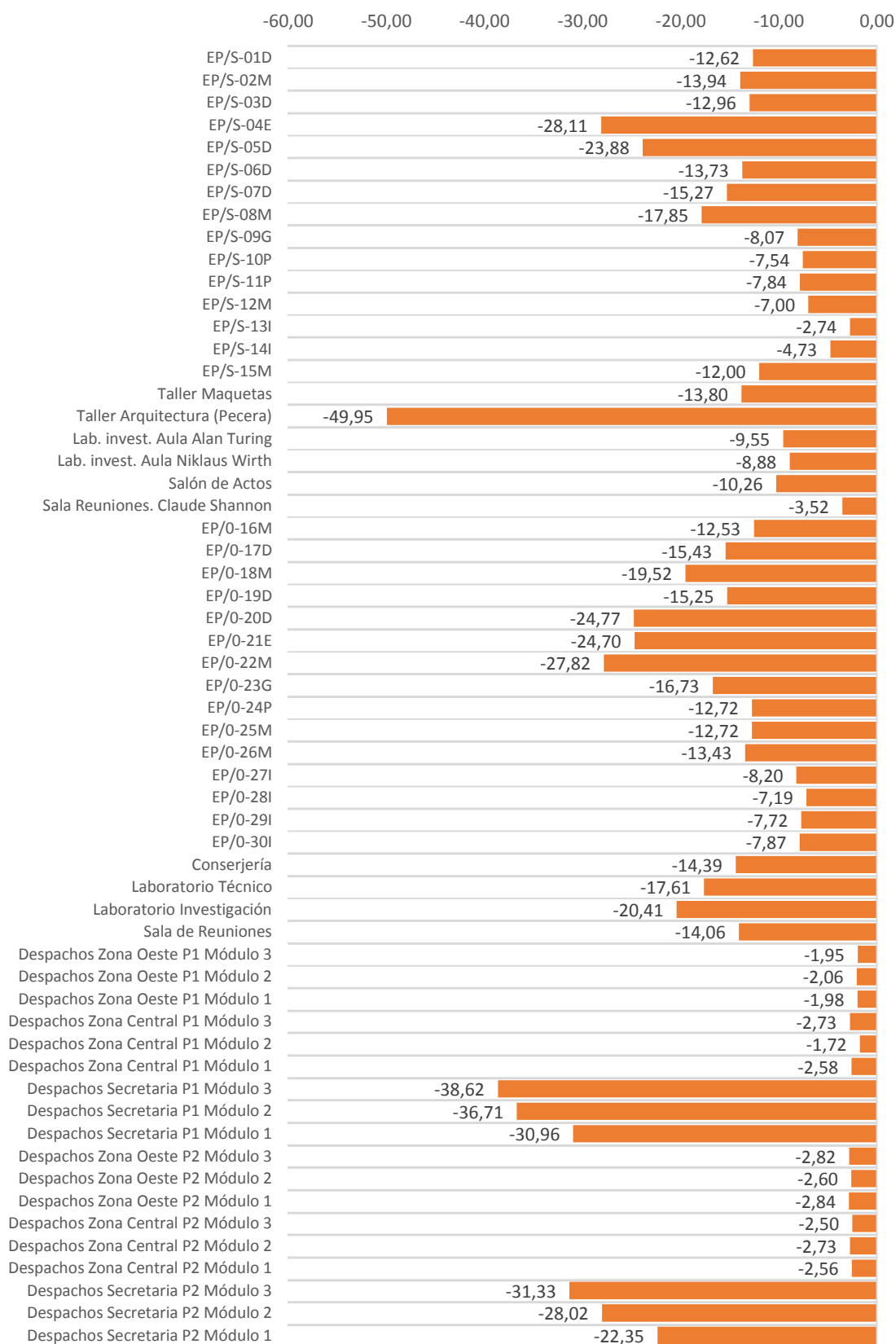


Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de LIDER



ANEXO C. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS Y SU CALIFICACIÓN

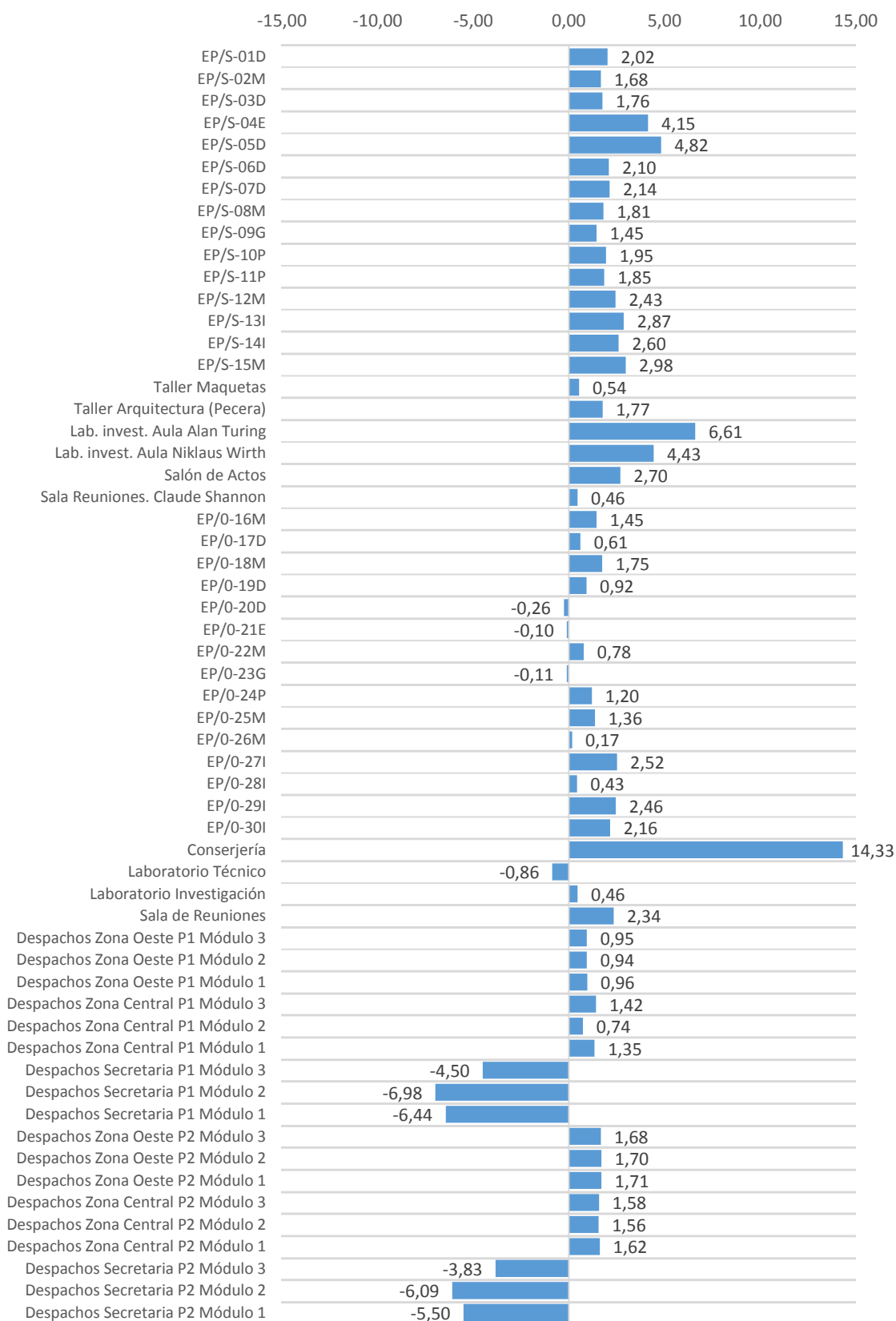
Gráfica 44. Transmisión Ventanas. Demandas Calefacción (kWh/m<sup>2</sup>·año)



Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de LIDER

ANEXO C. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS Y SU CALIFICACIÓN

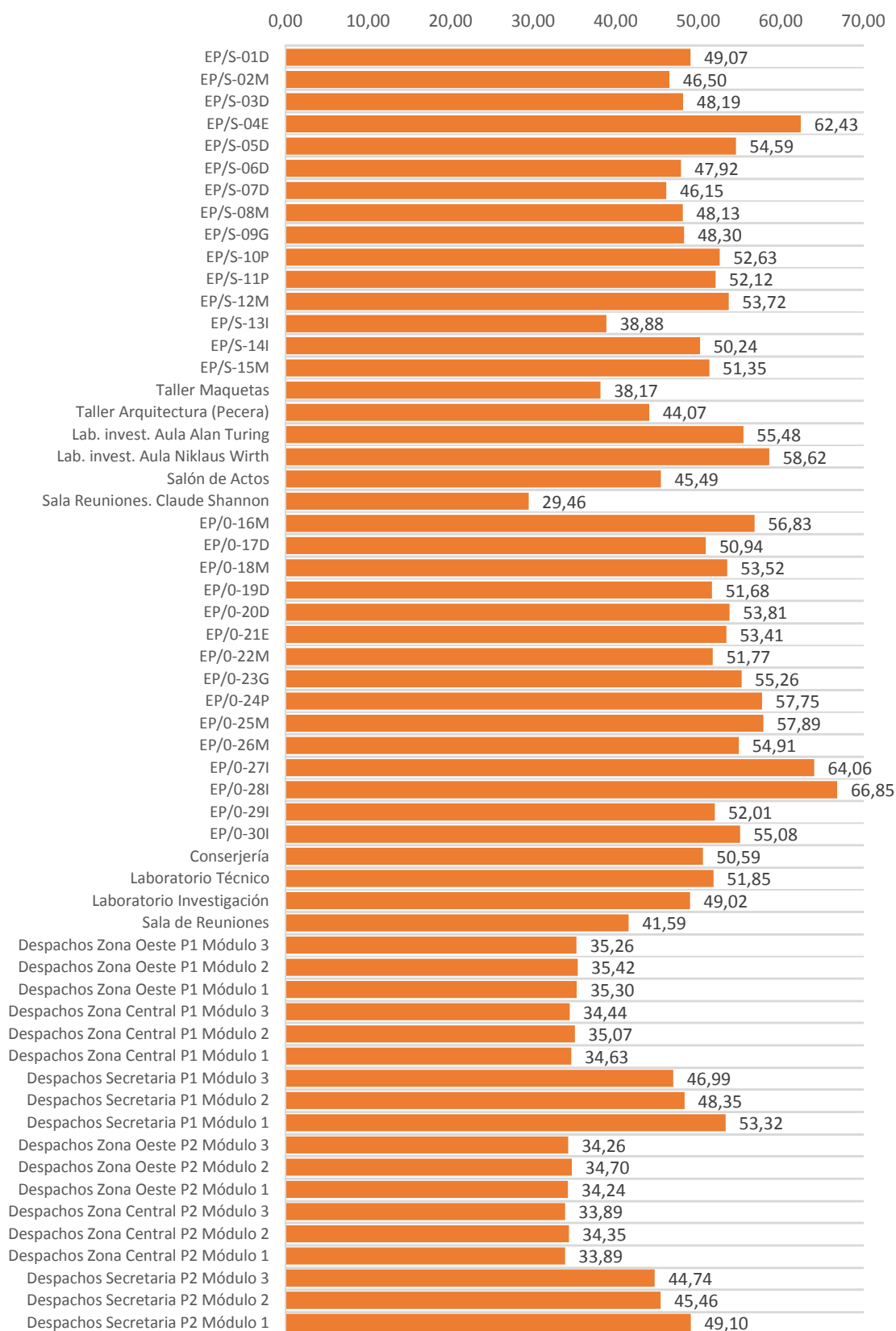
Gráfica 45. Transmisión Ventanas. Demandas Refrigeración (kWh/m<sup>2</sup>·año)



Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de LIDER

ANEXO C. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS Y SU CALIFICACIÓN

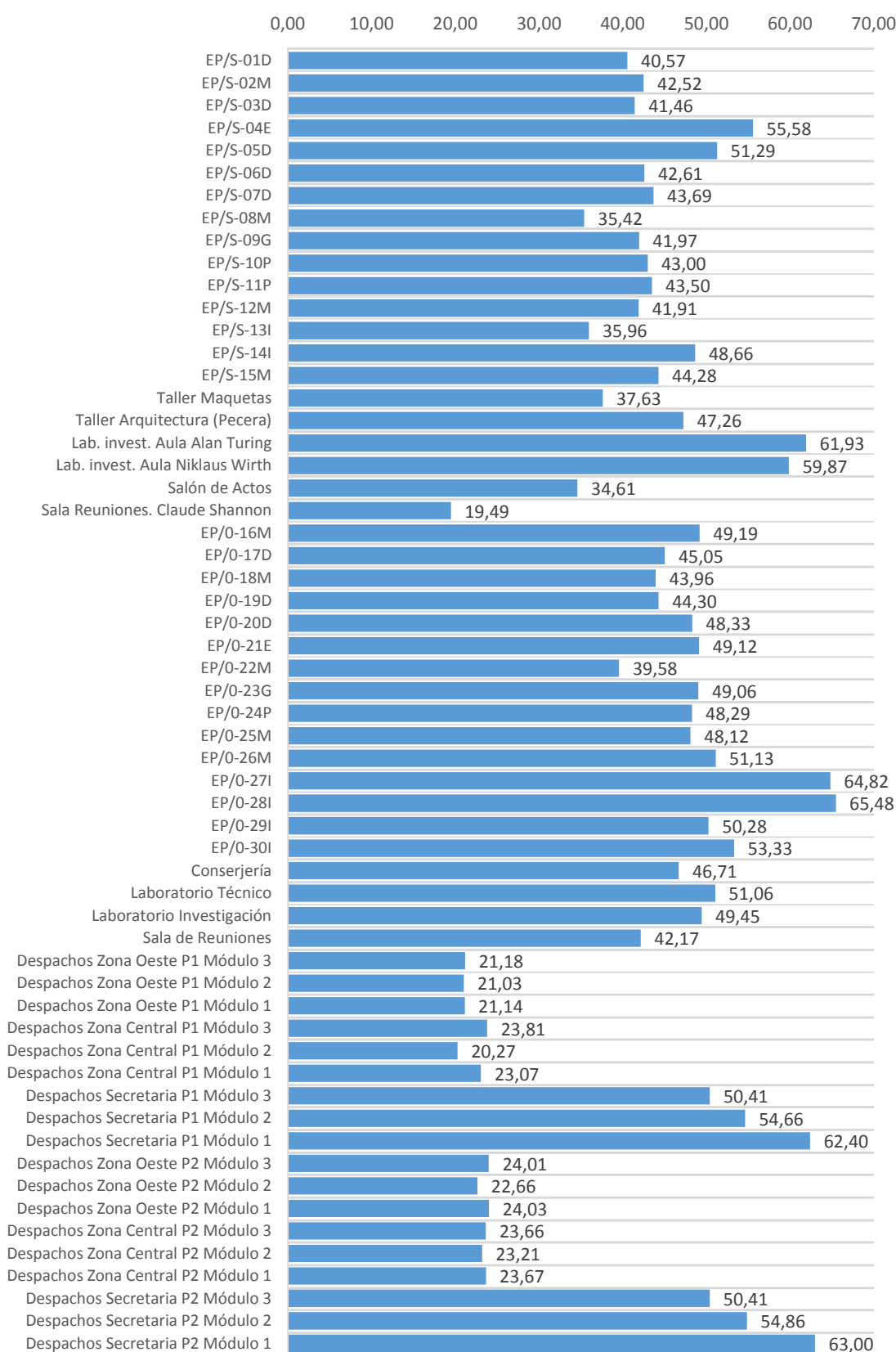
Gráfica 46. Fuentes Internas. Demandas Calefacción ( $\text{kWh/m}^2\cdot\text{año}$ )



Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de LIDER

ANEXO C. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS Y SU CALIFICACIÓN

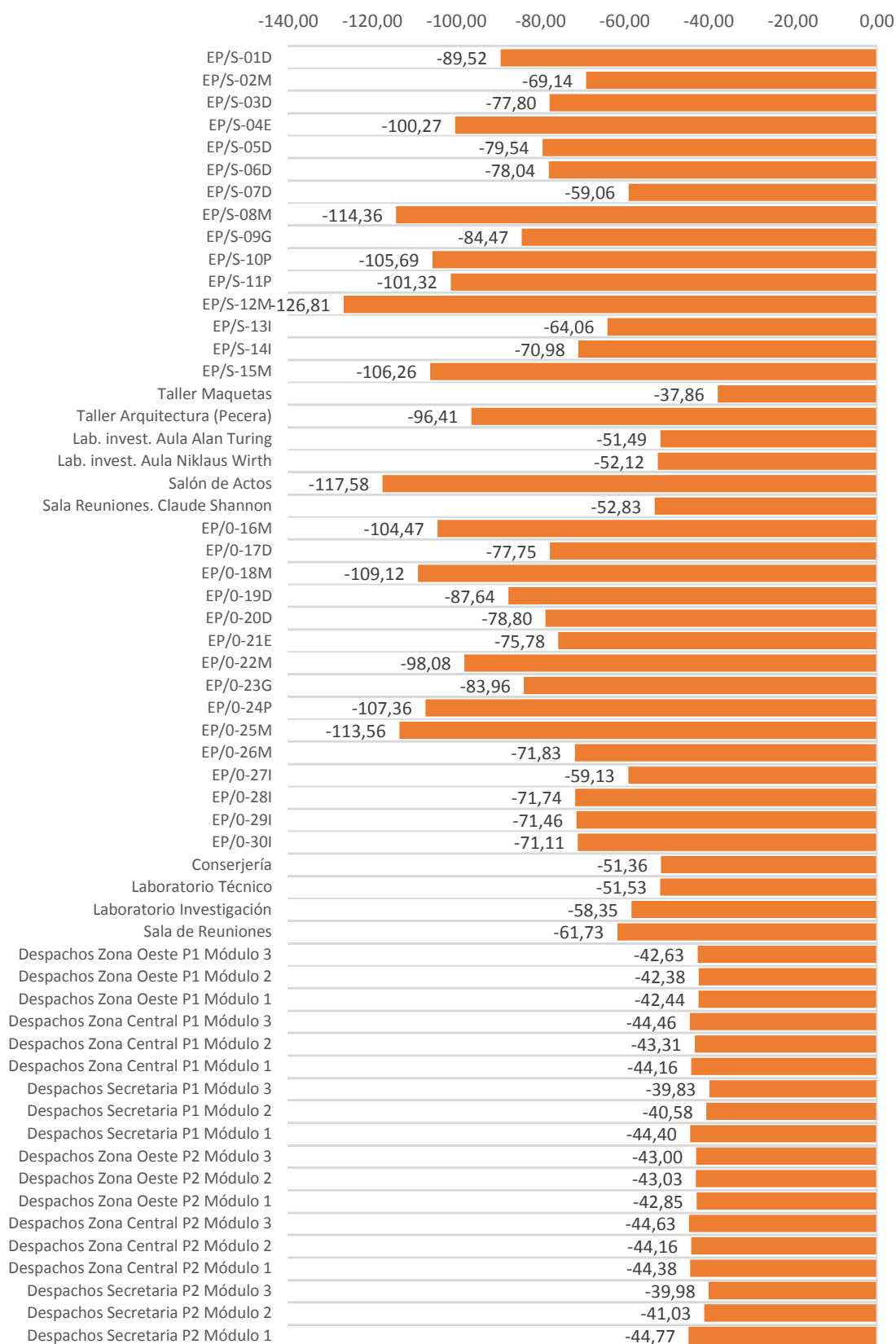
Gráfica 47. Fuentes Internas. Demandas Refrigeración (kWh/m<sup>2</sup>-año)



Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de LIDER

ANEXO C. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS Y SU CALIFICACIÓN

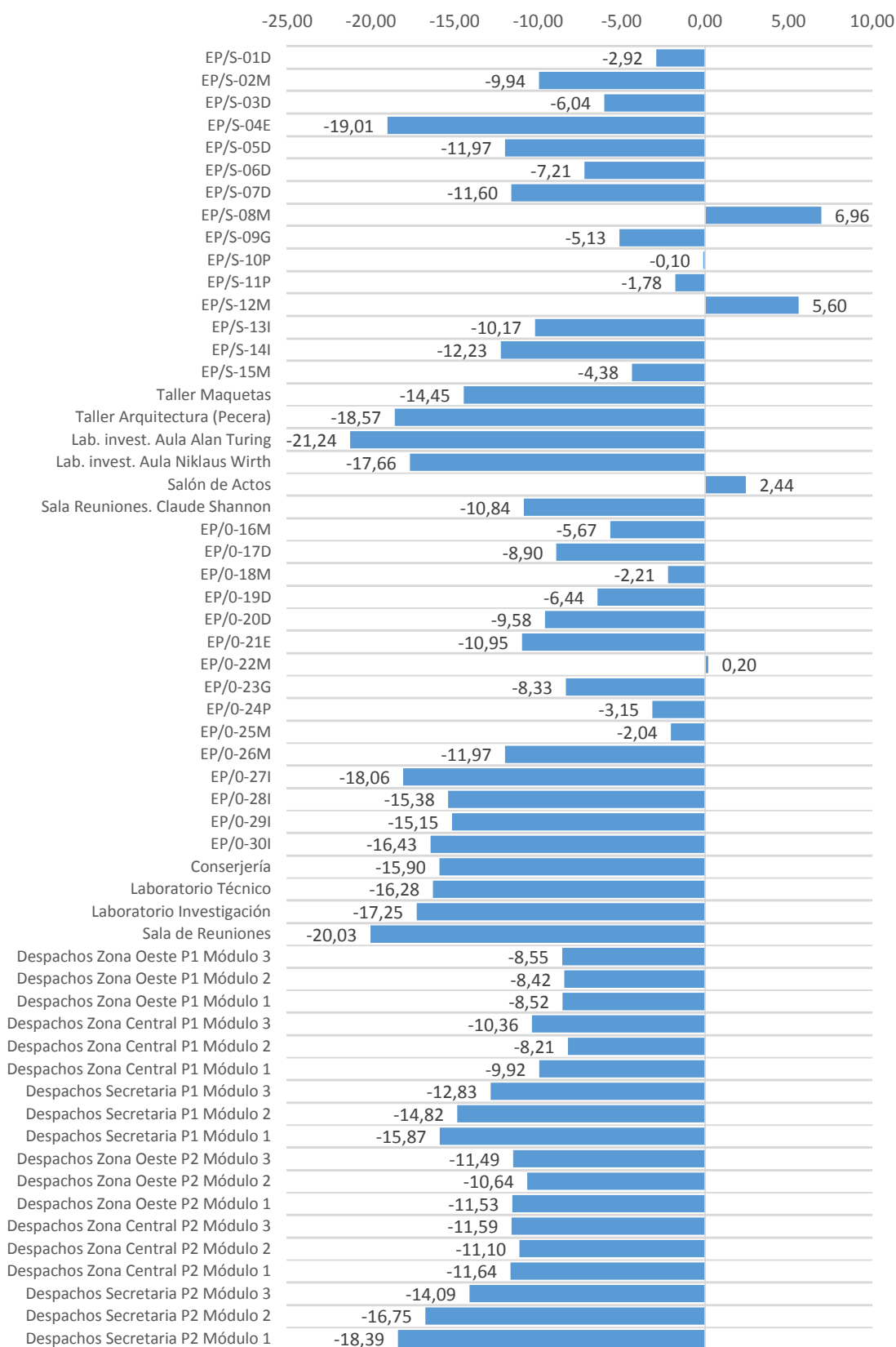
Gráfica 48. Infiltraciones de Aire Exterior. Demandas Calefacción (kWh/m²-año)



Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de LIDER

ANEXO C. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS Y SU CALIFICACIÓN

Gráfica 49. Infiltraciones de Aire Exterior. Demandas Refrigeración (kWh/m<sup>2</sup>·año)



Fuente: elaboración propia a partir de resultados de cálculo de LIDER



## ANEXO C.4. GRÁFICAS DE DEMANDAS TÉRMICAS ESPECÍFICAS POR ESPACIO

A continuación se muestran las gráficas de resultados de cálculo de las *demandas de calefacción y refrigeración y cargas punta*, expresada en valores totales (kWh/año y W) y por superficie (kWh/m<sup>2</sup>\*año y W/m<sup>2</sup>), **por cada espacio** habitable acondicionado del edificio, con la finalidad de analizar los resultados con mayor rapidez y profundidad.

Los datos se han generado leyendo los ficheros ocultos de resultados de cálculo generados al calcular a través de *Calener VyP*, mediante una herramienta gratuita “*Lector de Resultados avanzados de LIDER*”, desarrollada por la empresa *Aurea Consulting*, disponible en la web de [www.ecoeficiente.es](http://www.ecoeficiente.es).

Los ficheros de cálculo ocultos que genera *Calener VyP* y *LIDER*, son ficheros binarios que se encuentran en la carpeta *Temporales* del directorio de instalación de los programas, de los cuales se utiliza el que tiene nombre “*\*ORCC.bin*”, que contiene los datos de cálculo del *edificio Objeto*, y no el *edificio de Referencia*, con nombre “*\*RRCC.bin*”. (20)<sup>38</sup>

Las gráficas son capturas de pantalla de la lectura del fichero binario de cálculo desde la herramienta interactiva descrita.

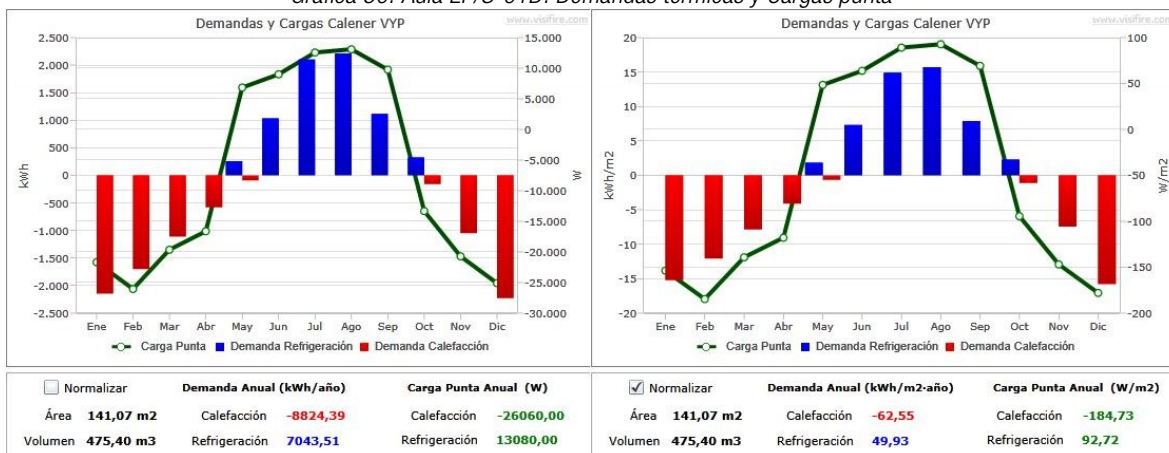
---

<sup>38</sup> Aurea Consulting. Lector de resultados avanzados de LIDER y Calener VyP.

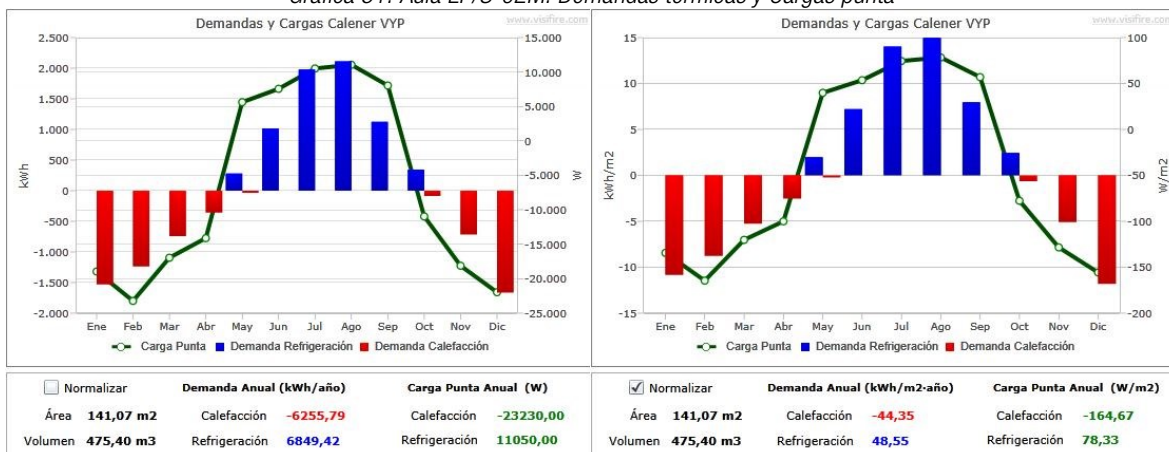
ANEXO C. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS Y SU CALIFICACIÓN

ANEXO C.4.1. GRÁFICAS DEMANDAS TÉRMICAS POR ESPACIOS PLANTA SÓTANO

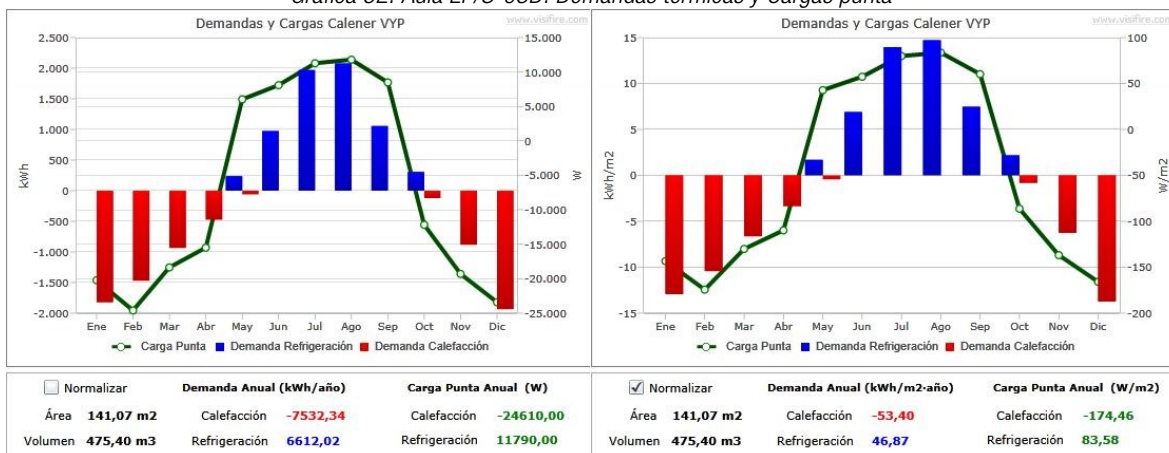
Gráfica 50. Aula EP/S-01D. Demandas térmicas y Cargas punta



Gráfica 51. Aula EP/S-02M. Demandas térmicas y Cargas punta

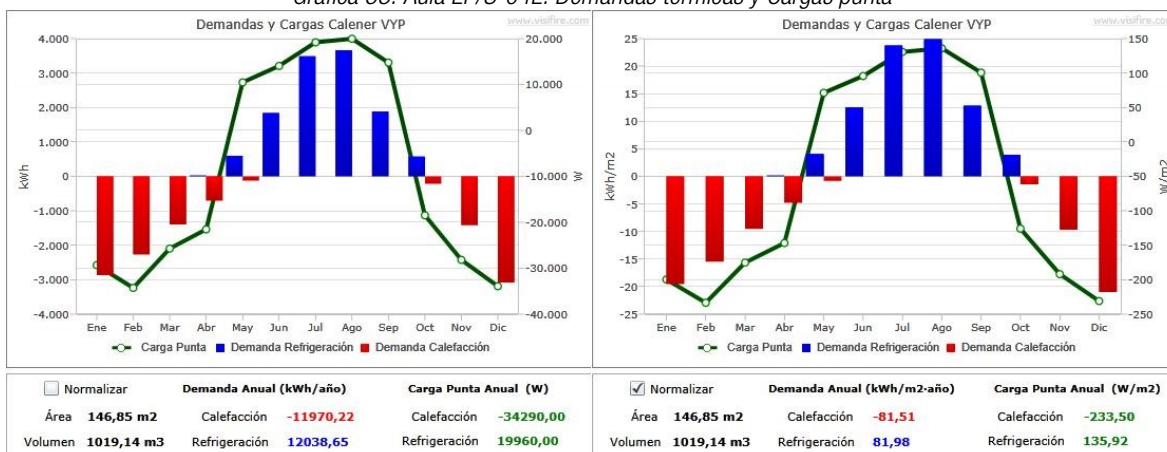


Gráfica 52. Aula EP/S-03D. Demandas térmicas y Cargas punta

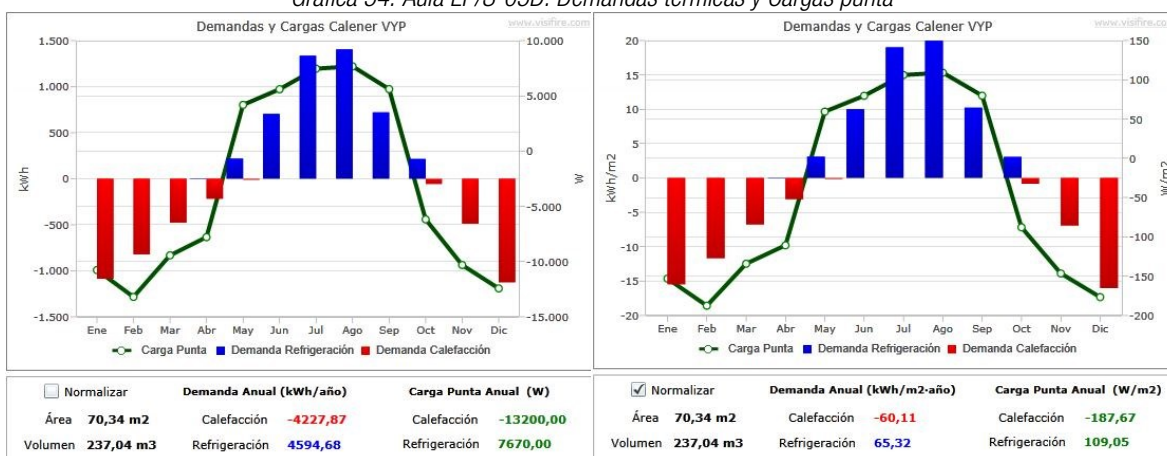


ANEXO C. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS Y SU CALIFICACIÓN

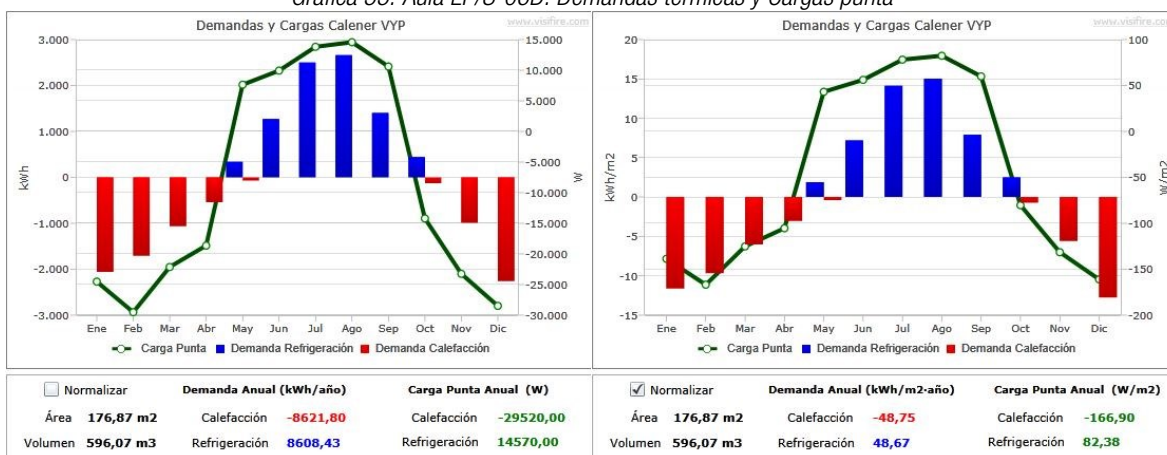
Gráfica 53. Aula EP/S-04E. Demandas térmicas y Cargas punta



Gráfica 54. Aula EP/S-05D. Demandas térmicas y Cargas punta

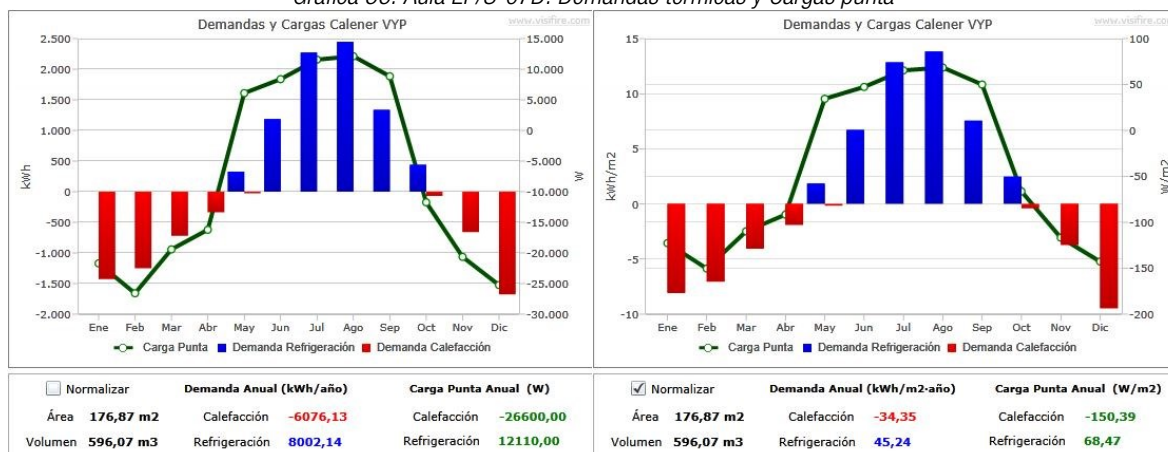


Gráfica 55. Aula EP/S-06D. Demandas térmicas y Cargas punta

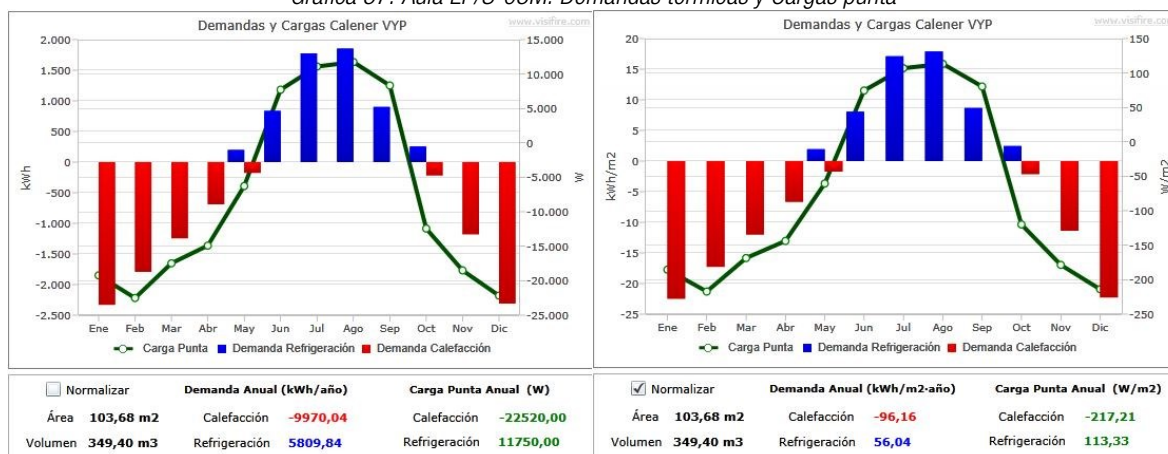


ANEXO C. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS Y SU CALIFICACIÓN

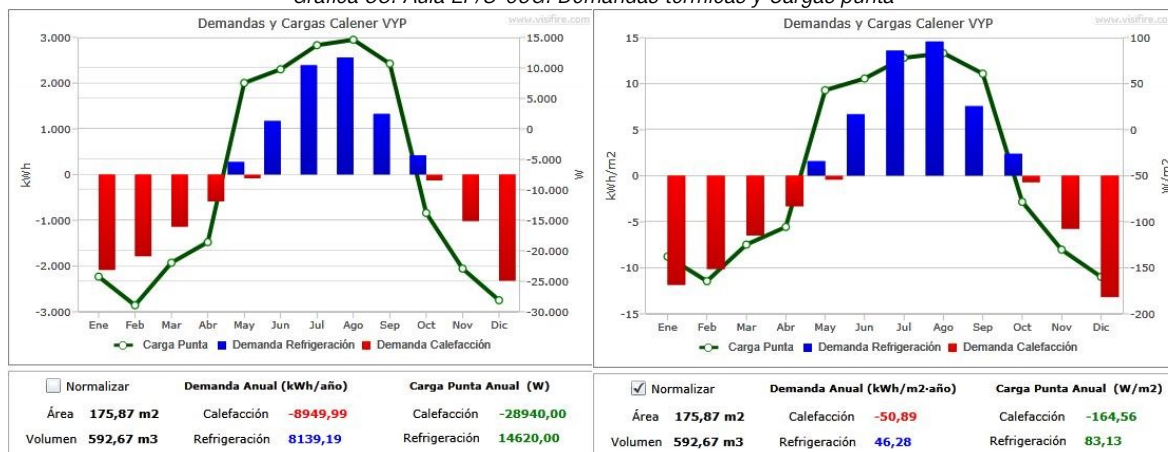
Gráfica 56. Aula EP/S-07D. Demandas térmicas y Cargas punta



Gráfica 57. Aula EP/S-08M. Demandas térmicas y Cargas punta



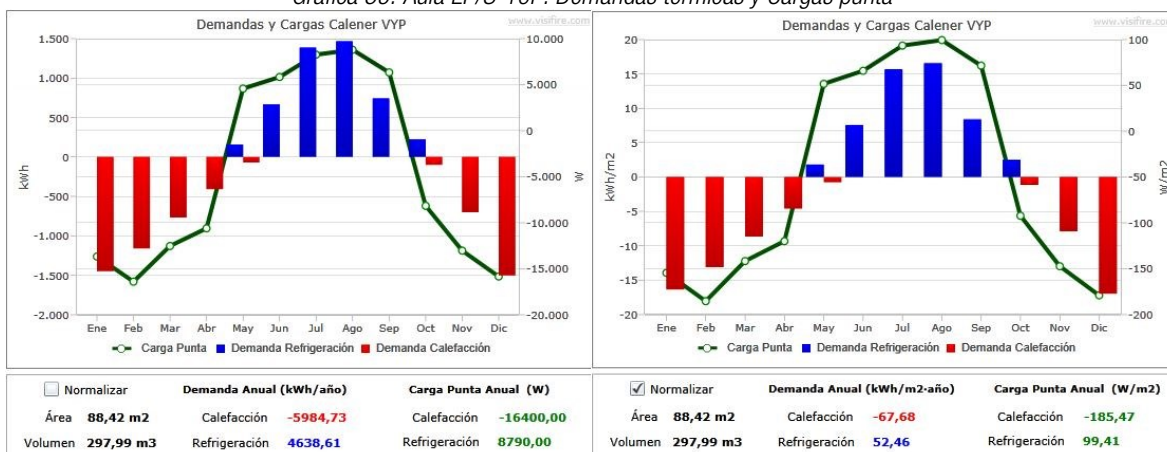
Gráfica 58. Aula EP/S-09G. Demandas térmicas y Cargas punta



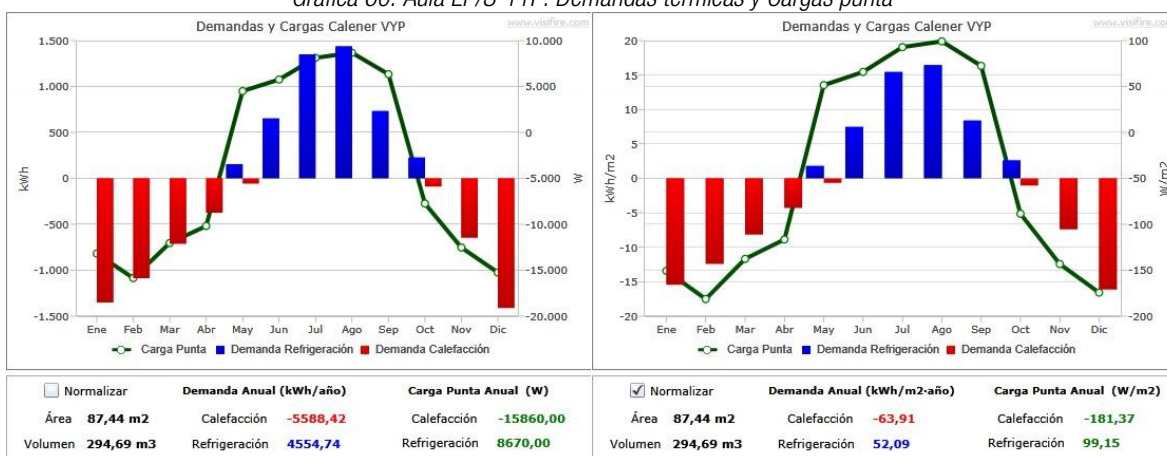


ANEXO C. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS Y SU CALIFICACIÓN

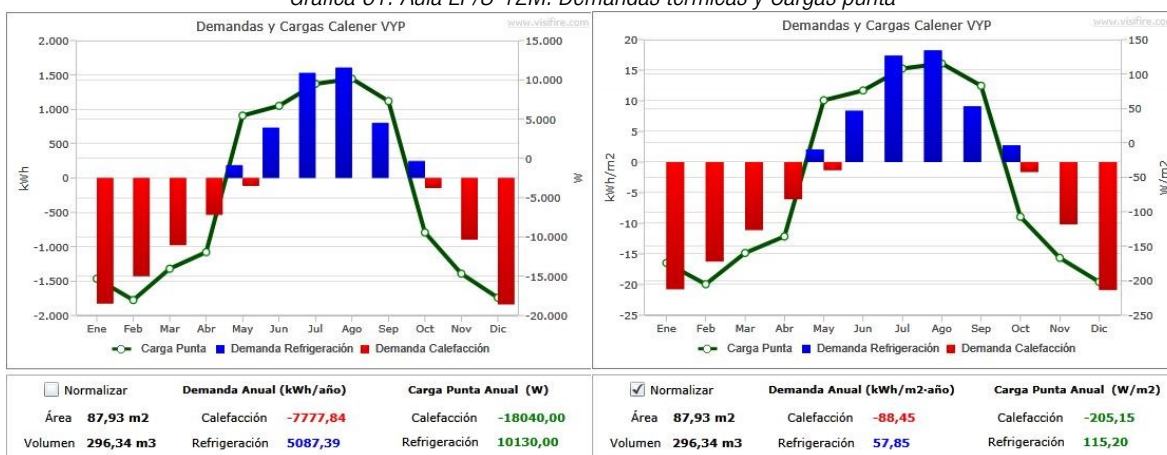
Gráfica 59. Aula EP/S-10P. Demandas térmicas y Cargas punta



Gráfica 60. Aula EP/S-11P. Demandas térmicas y Cargas punta

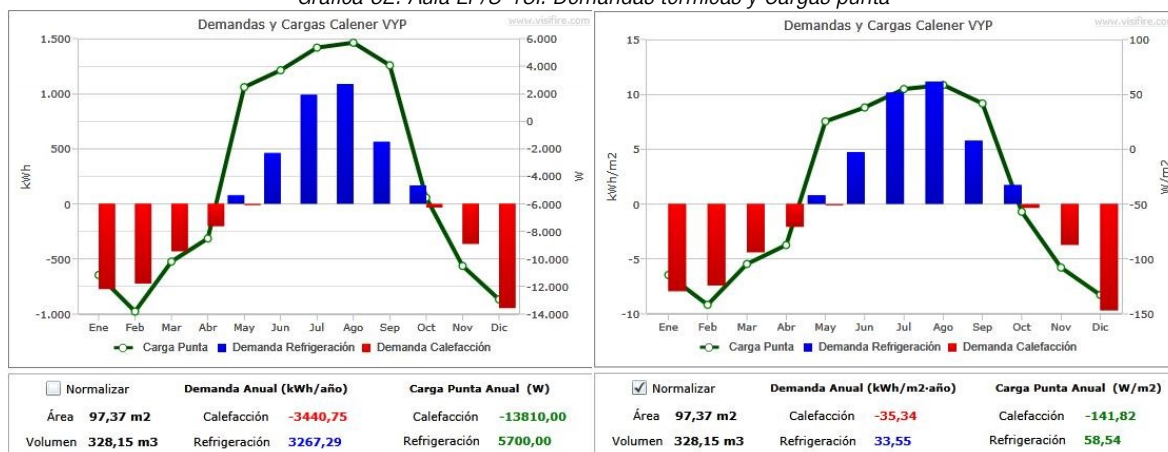


Gráfica 61. Aula EP/S-12M. Demandas térmicas y Cargas punta

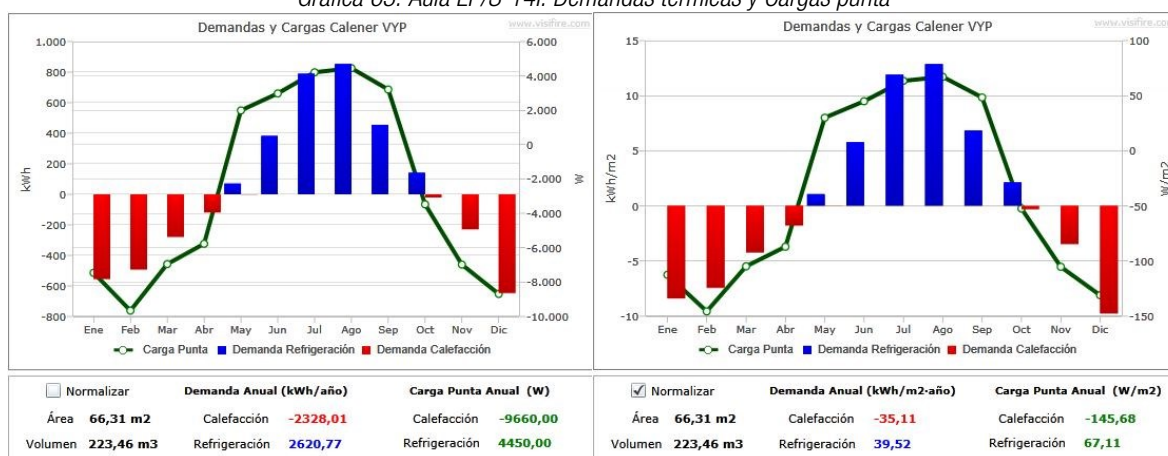


ANEXO C. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS Y SU CALIFICACIÓN

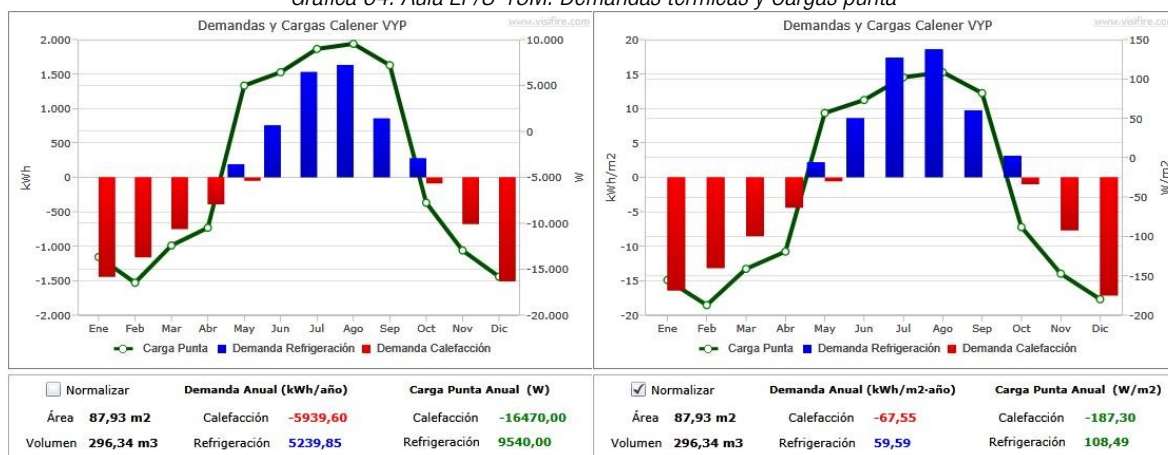
Gráfica 62. Aula EP/S-13I. Demandas térmicas y Cargas punta



Gráfica 63. Aula EP/S-14I. Demandas térmicas y Cargas punta



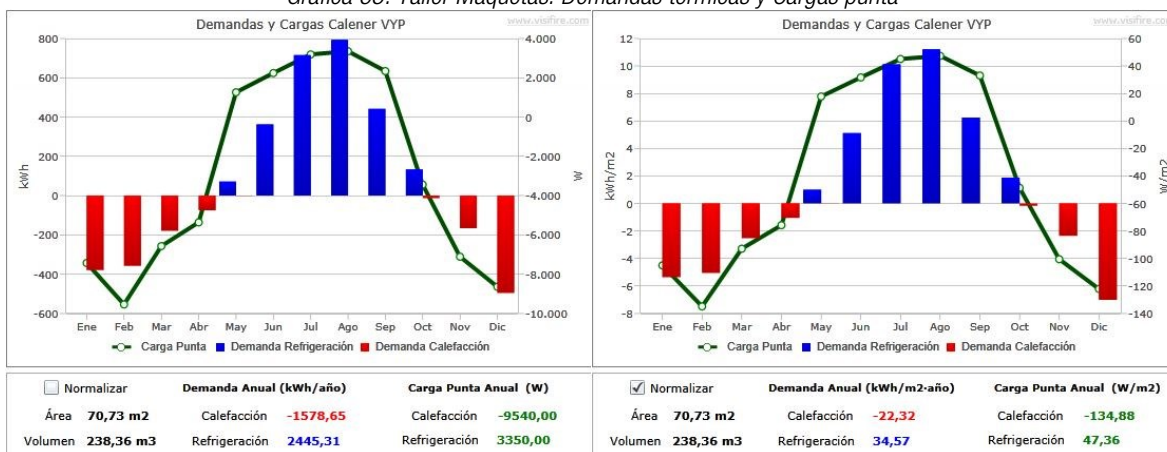
Gráfica 64. Aula EP/S-15M. Demandas térmicas y Cargas punta



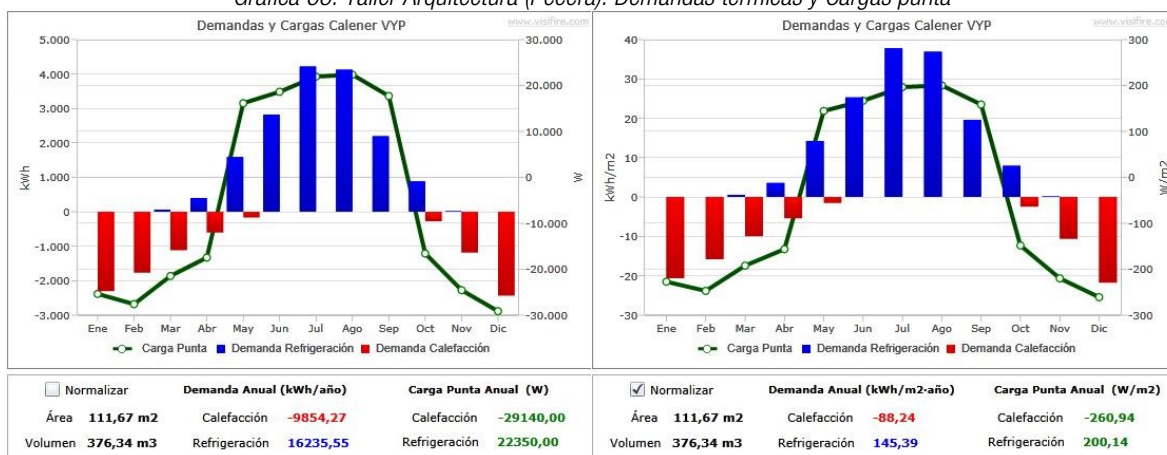


ANEXO C. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS Y SU CALIFICACIÓN

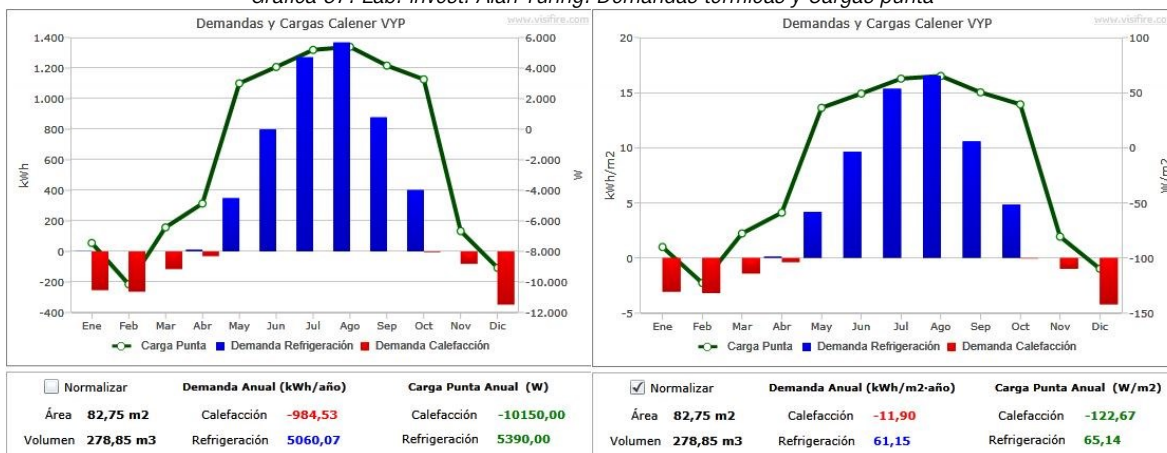
Gráfica 65. Taller Maquetas. Demandas térmicas y Cargas punta



Gráfica 66. Taller Arquitectura (Pecera). Demandas térmicas y Cargas punta

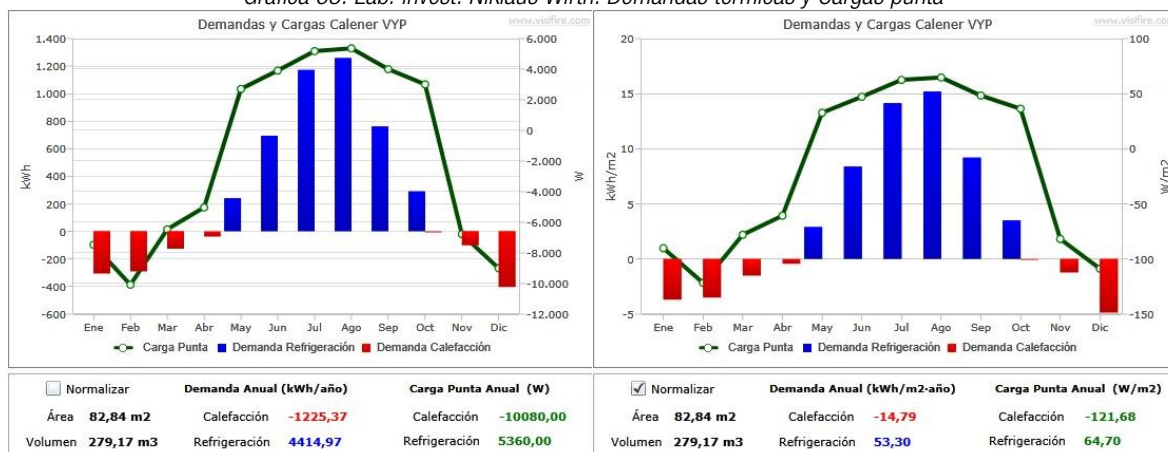


Gráfica 67. Lab. invest. Alan Turing. Demandas térmicas y Cargas punta

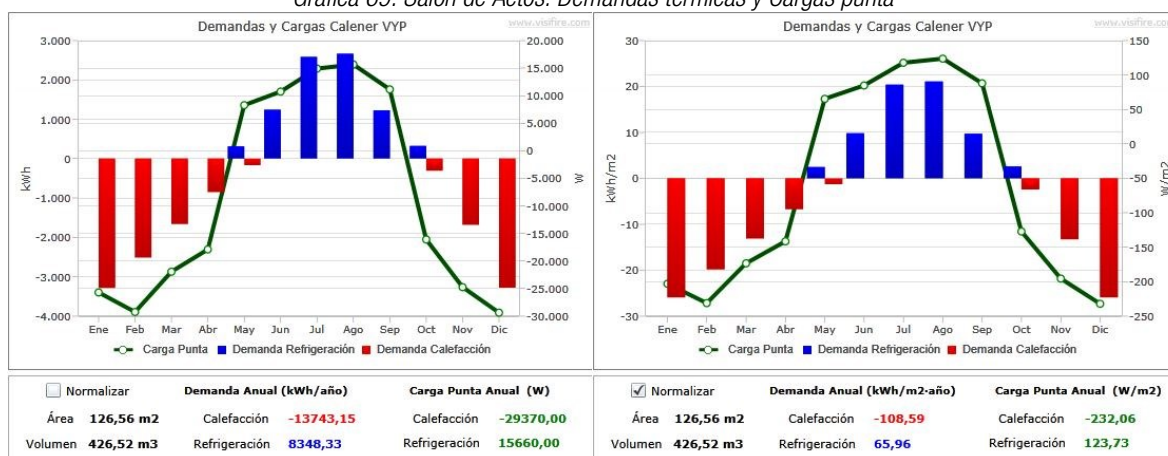


ANEXO C. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS Y SU CALIFICACIÓN

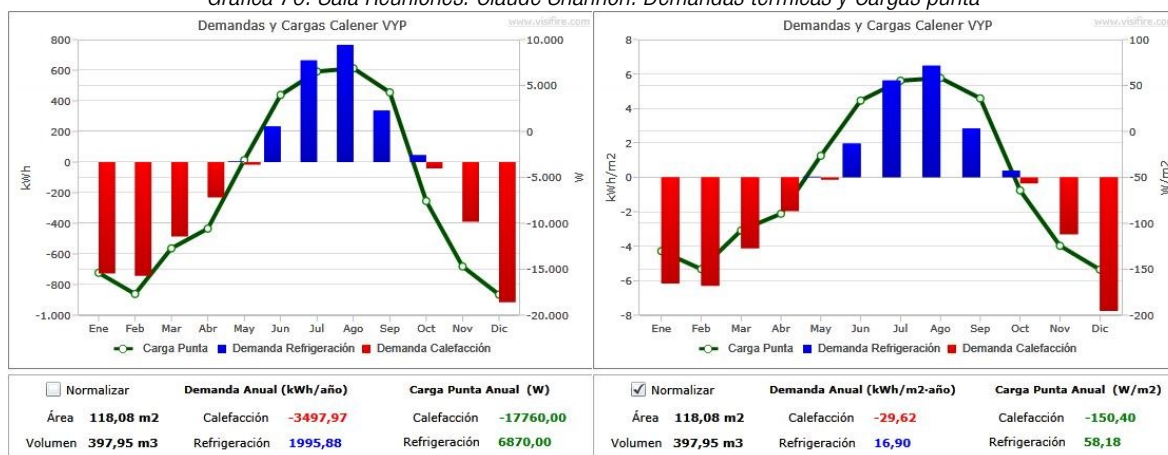
Gráfica 68. Lab. invest. Niklaus Wirth. Demandas térmicas y Cargas punta



Gráfica 69. Salón de Actos. Demandas térmicas y Cargas punta

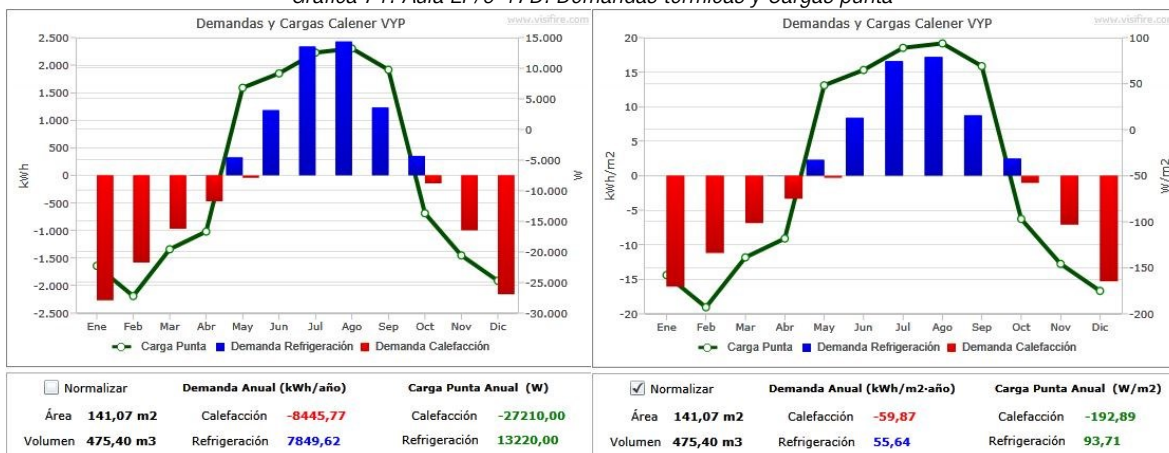


Gráfica 70. Sala Reuniones. Claude Shannon. Demandas térmicas y Cargas punta

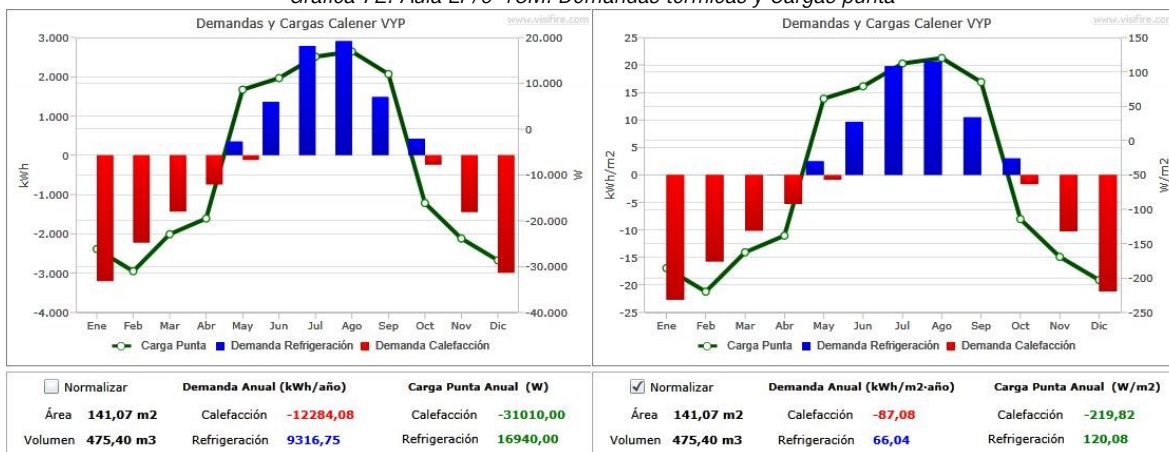


## ANEXO C.4.2. GRÁFICAS DEMANDAS TÉRMICAS POR ESPACIOS PLANTA BAJA

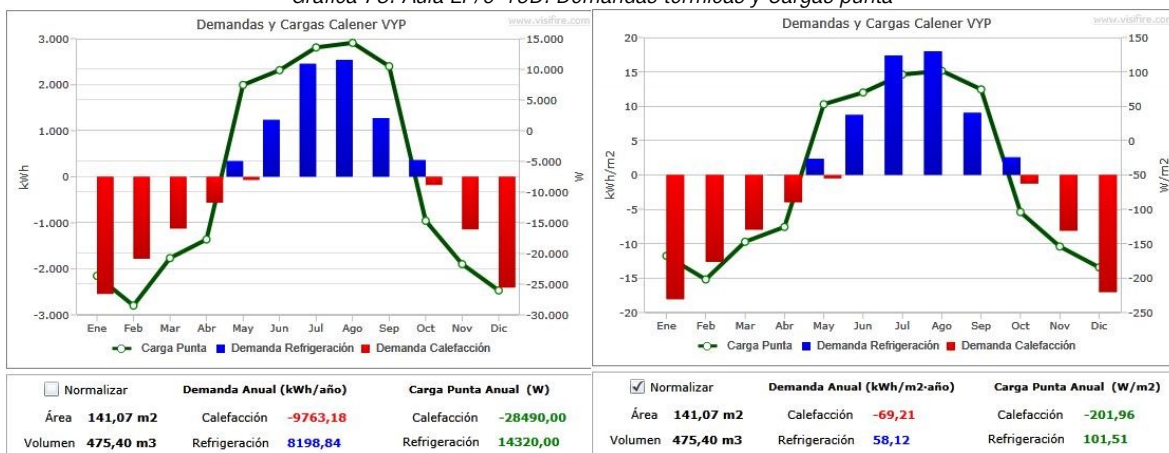
Gráfica 71. Aula EP/0-17D. Demandas térmicas y Cargas punta



Gráfica 72. Aula EP/0-18M. Demandas térmicas y Cargas punta



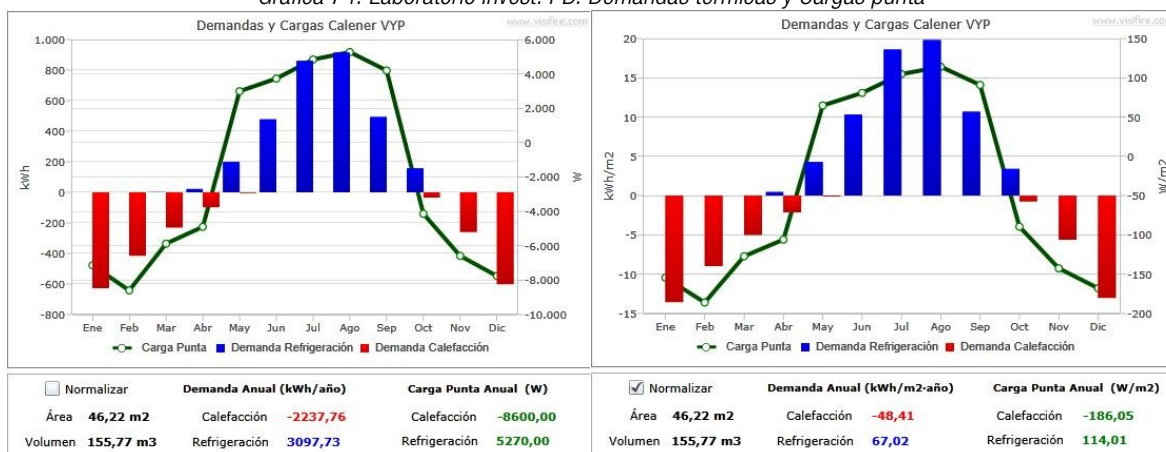
Gráfica 73. Aula EP/0-19D. Demandas térmicas y Cargas punta



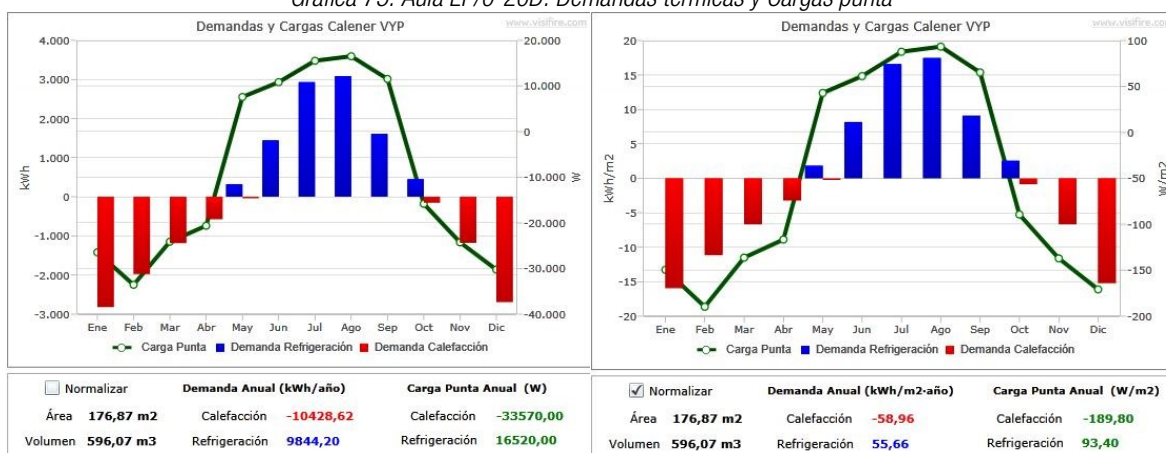


ANEXO C. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS Y SU CALIFICACIÓN

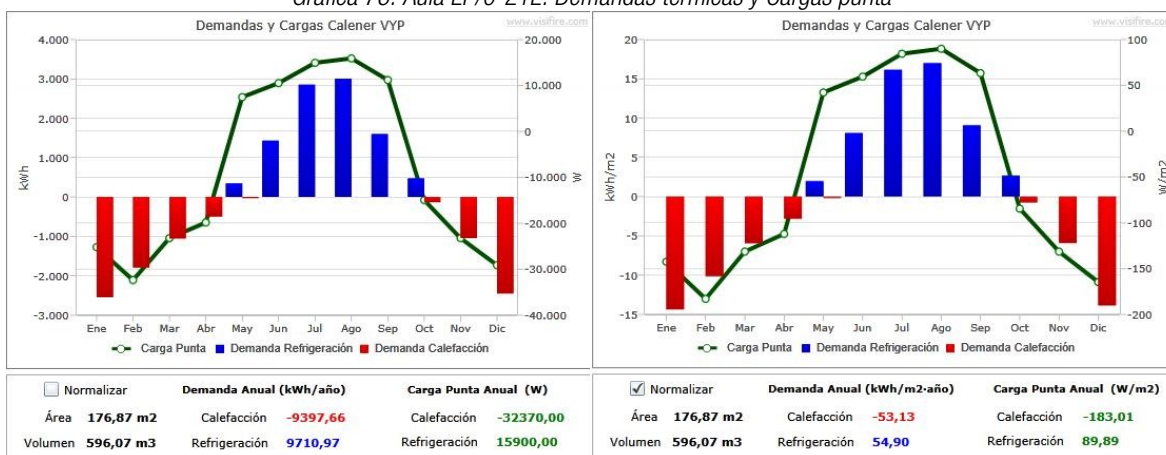
Gráfica 74. Laboratorio Invest. PB. Demandas térmicas y Cargas punta



Gráfica 75. Aula EP/0-20D. Demandas térmicas y Cargas punta

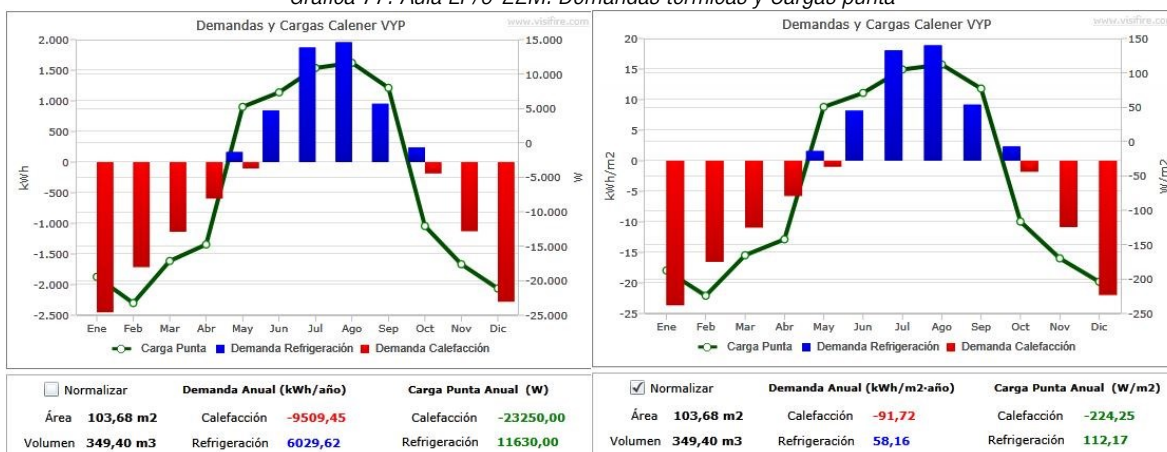


Gráfica 76. Aula EP/0-21E. Demandas térmicas y Cargas punta

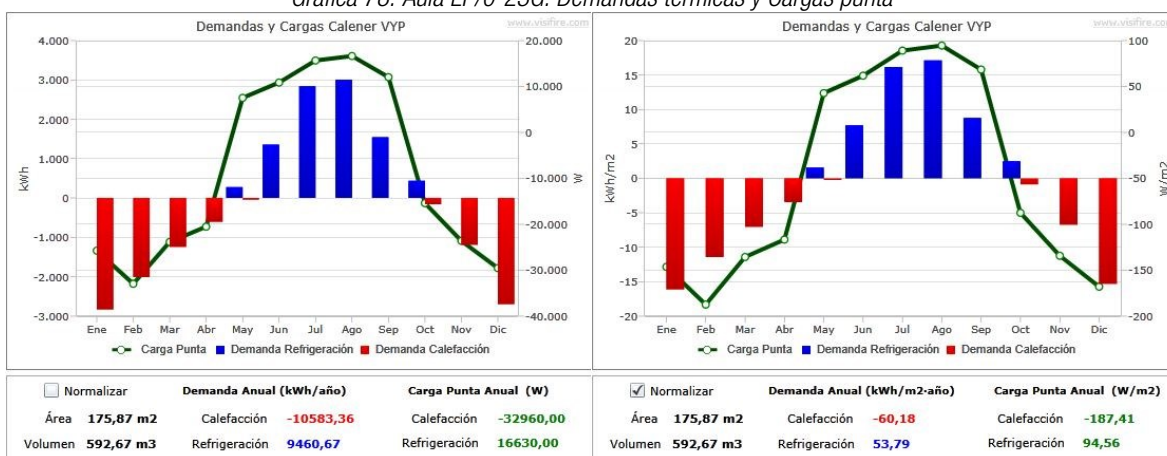


ANEXO C. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS Y SU CALIFICACIÓN

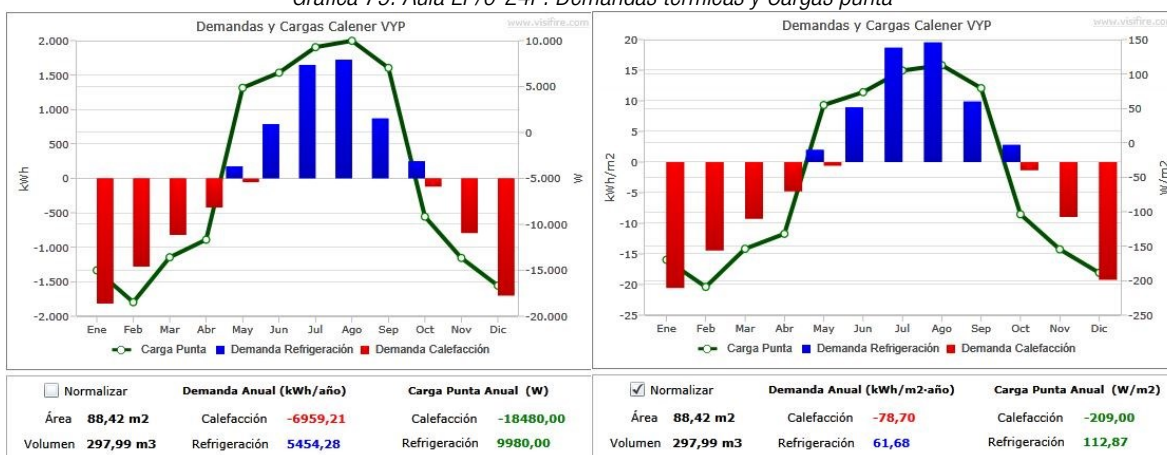
Gráfica 77. Aula EP/0-22M. Demandas térmicas y Cargas punta



Gráfica 78. Aula EP/0-23G. Demandas térmicas y Cargas punta

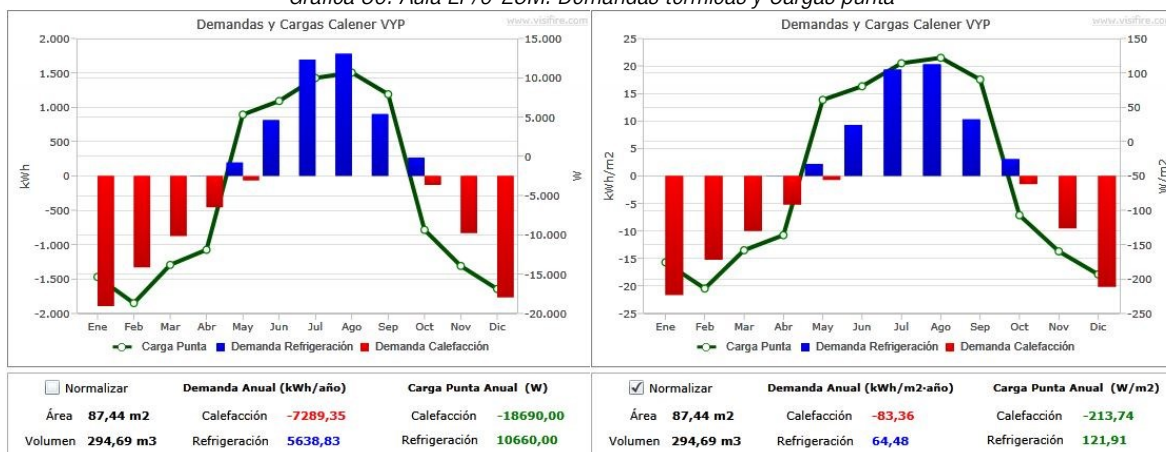


Gráfica 79. Aula EP/0-24P. Demandas térmicas y Cargas punta

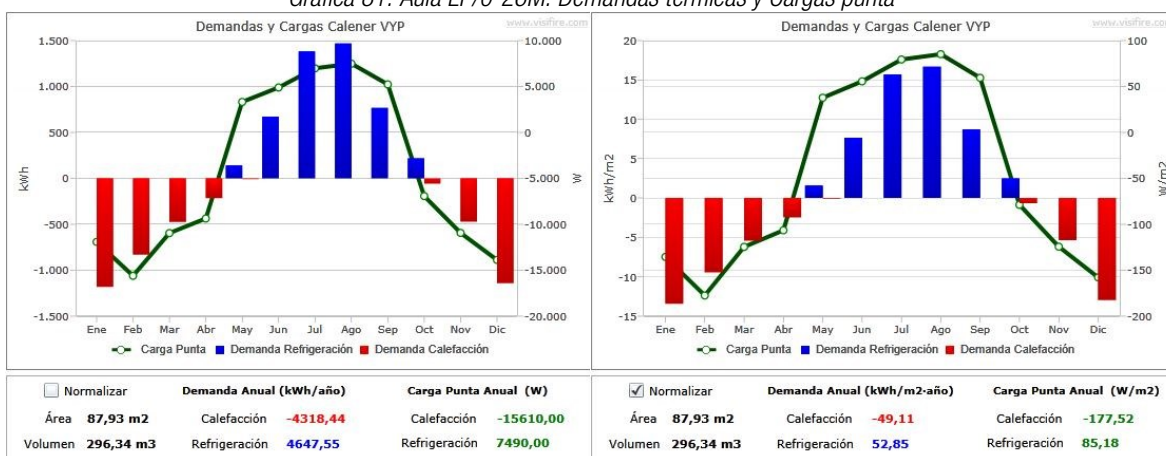


ANEXO C. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS Y SU CALIFICACIÓN

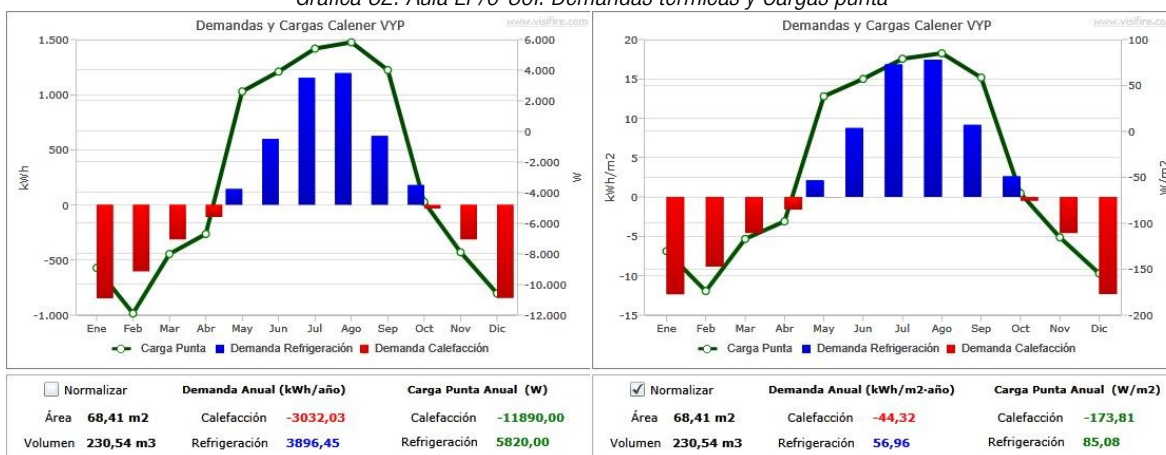
Gráfica 80. Aula EP/0-25M. Demandas térmicas y Cargas punta



Gráfica 81. Aula EP/0-26M. Demandas térmicas y Cargas punta



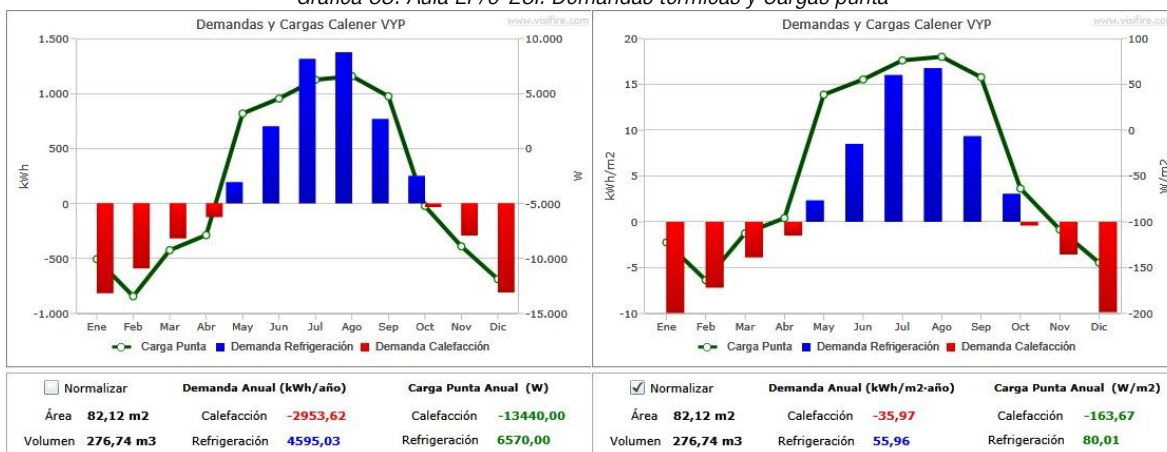
Gráfica 82. Aula EP/0-30I. Demandas térmicas y Cargas punta



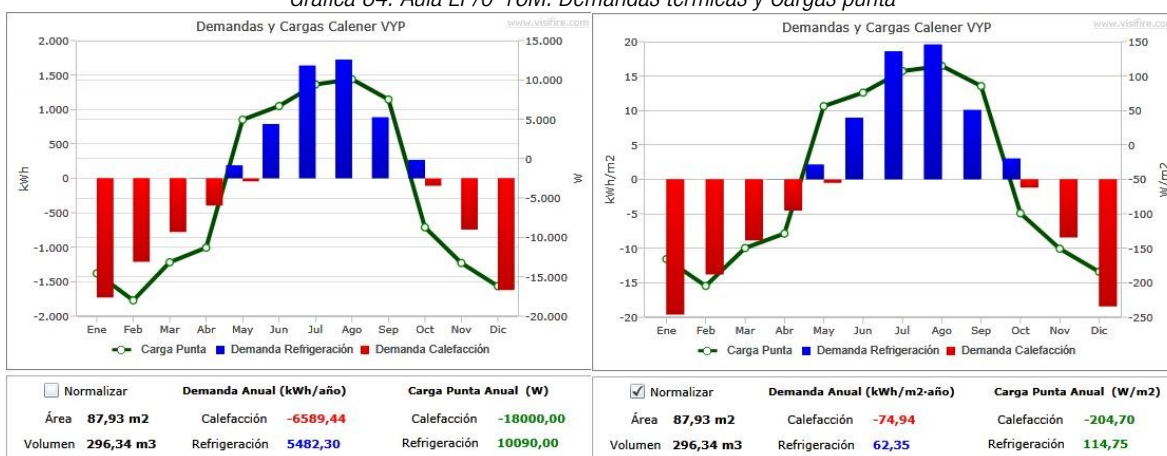


ANEXO C. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS Y SU CALIFICACIÓN

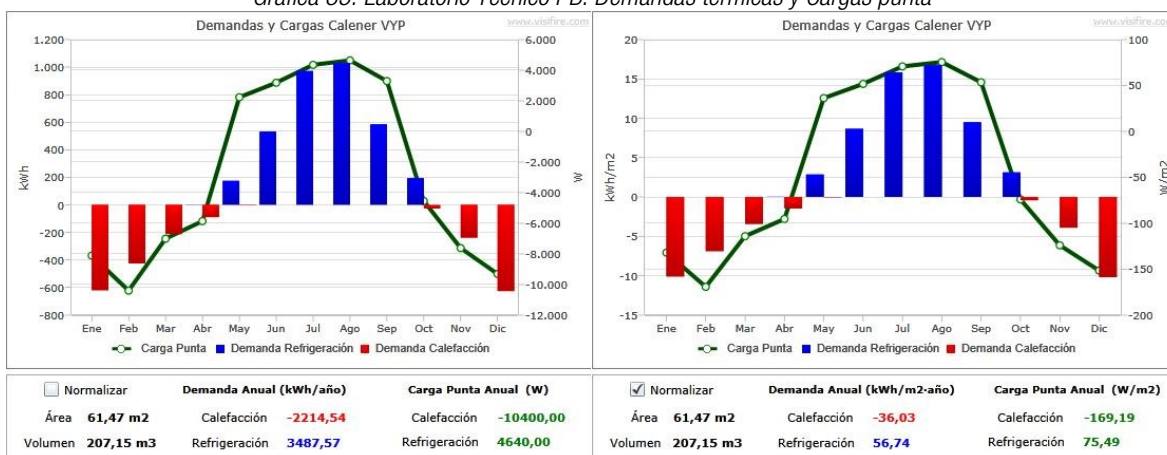
Gráfica 83. Aula EP/0-28l. Demandas térmicas y Cargas punta



Gráfica 84. Aula EP/0-16M. Demandas térmicas y Cargas punta

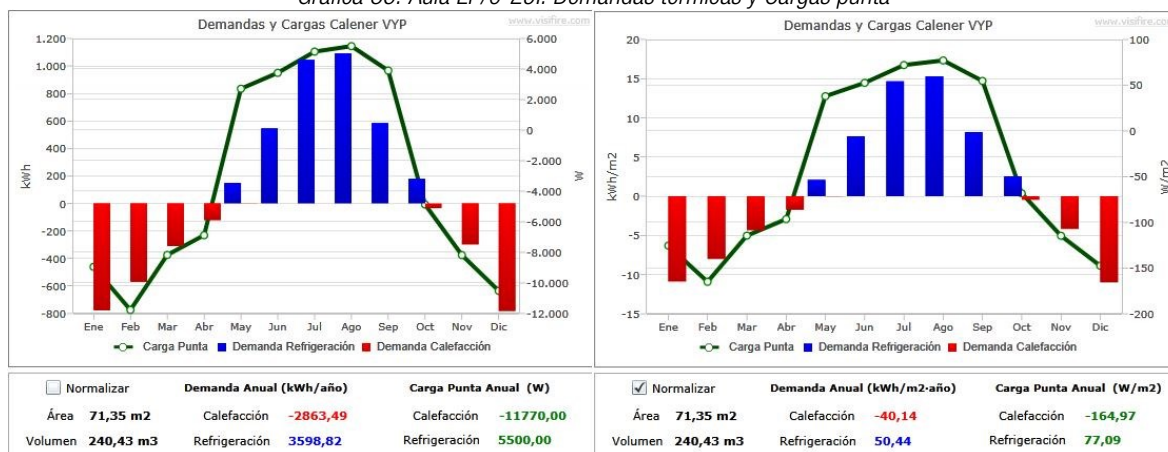


Gráfica 85. Laboratorio Técnico PB. Demandas térmicas y Cargas punta

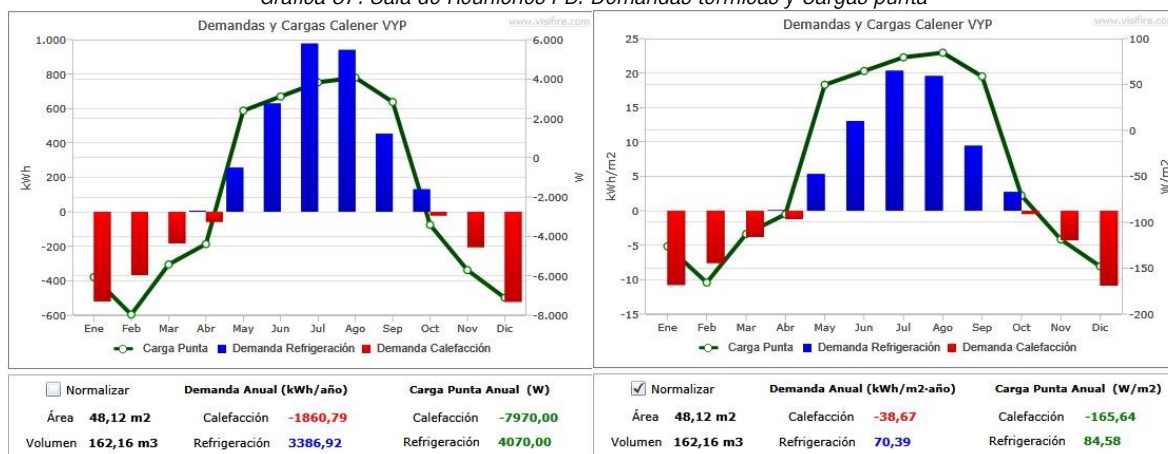


ANEXO C. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS Y SU CALIFICACIÓN

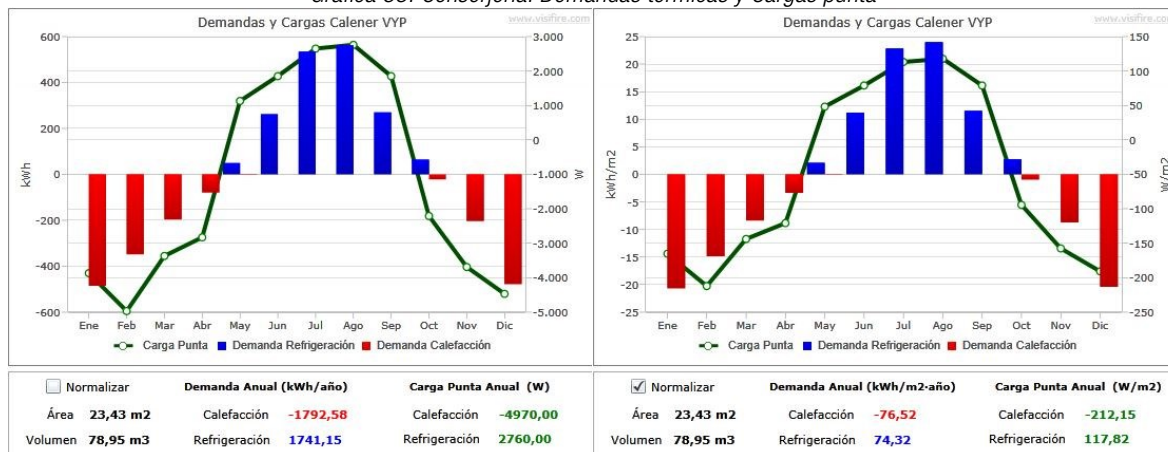
Gráfica 86. Aula EP/0-29I. Demandas térmicas y Cargas punta



Gráfica 87. Sala de Reuniones PB. Demandas térmicas y Cargas punta

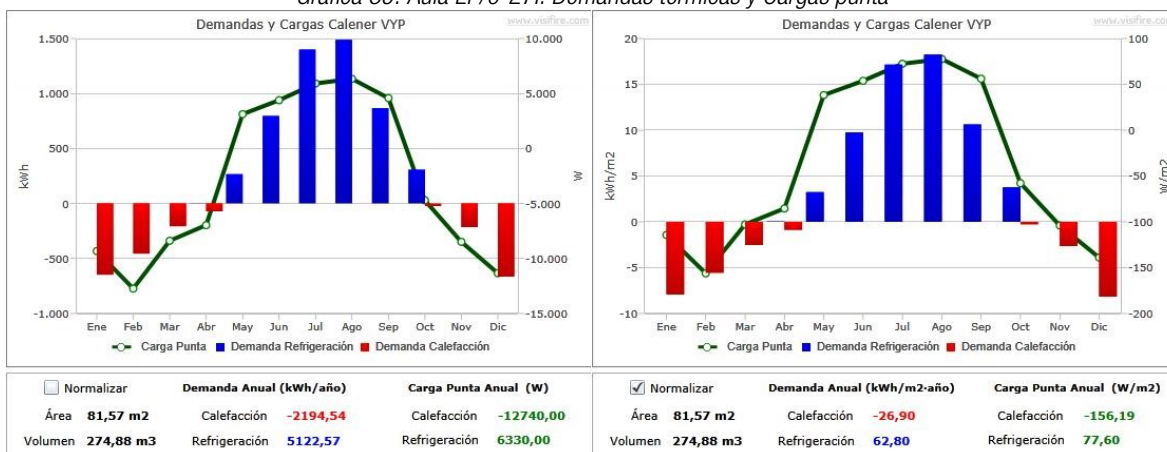


Gráfica 88. Conserjería. Demandas térmicas y Cargas punta



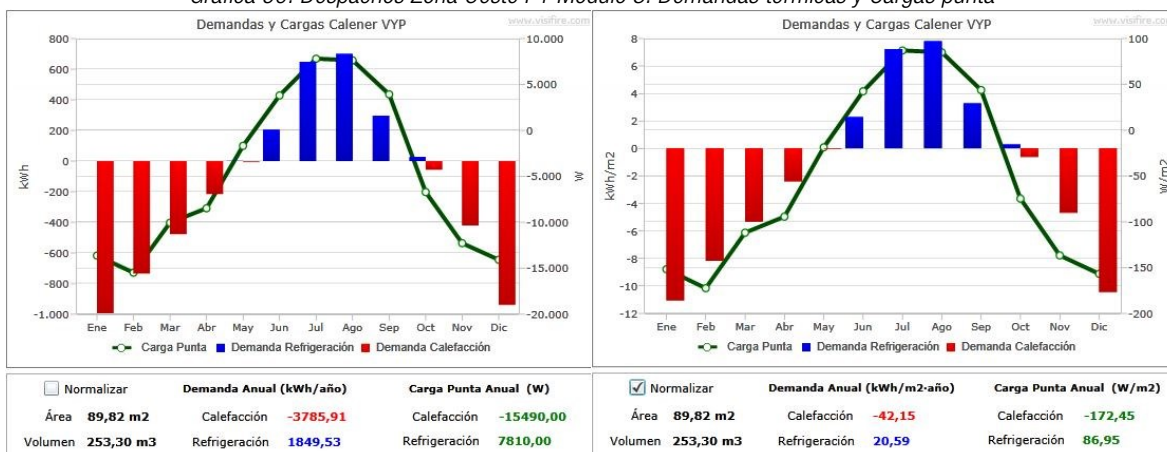
ANEXO C. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS Y SU CALIFICACIÓN

Gráfica 89. Aula EP/0-271. Demandas térmicas y Cargas punta

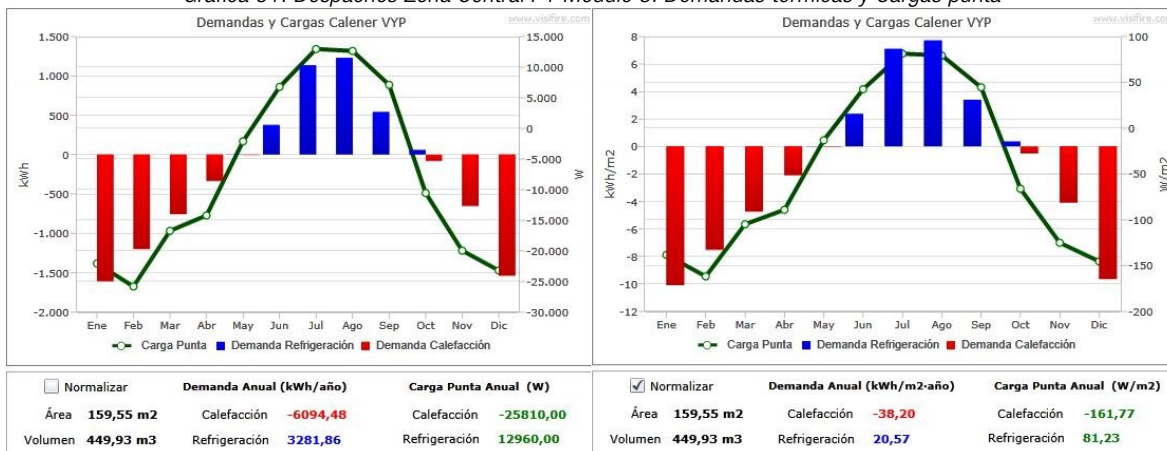


ANEXO C.4.3. GRÁFICAS DEMANDAS TÉRMICAS POR ESPACIOS PRIMERA PLANTA

Gráfica 90. Despachos Zona Oeste P1 Módulo 3. Demandas térmicas y Cargas punta



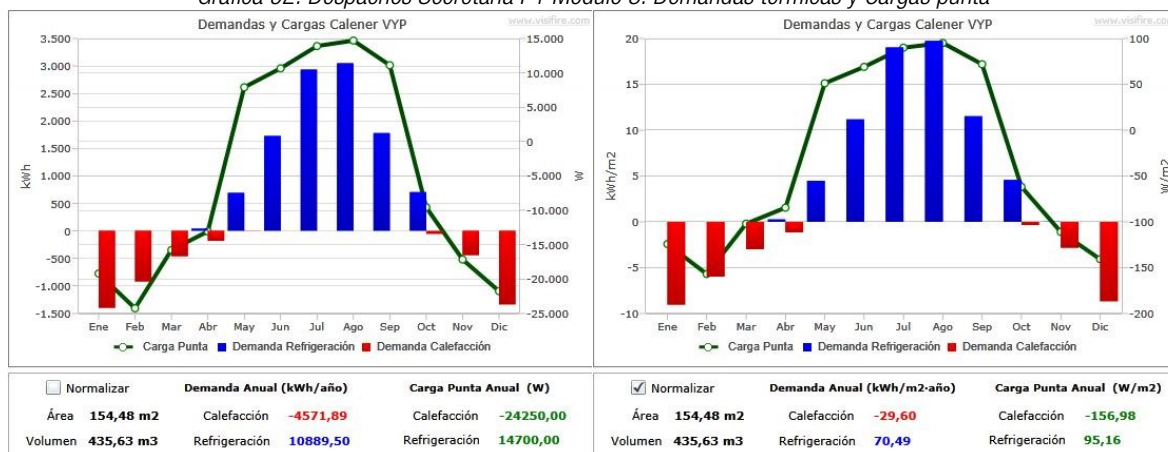
Gráfica 91. Despachos Zona Central P1 Módulo 3. Demandas térmicas y Cargas punta



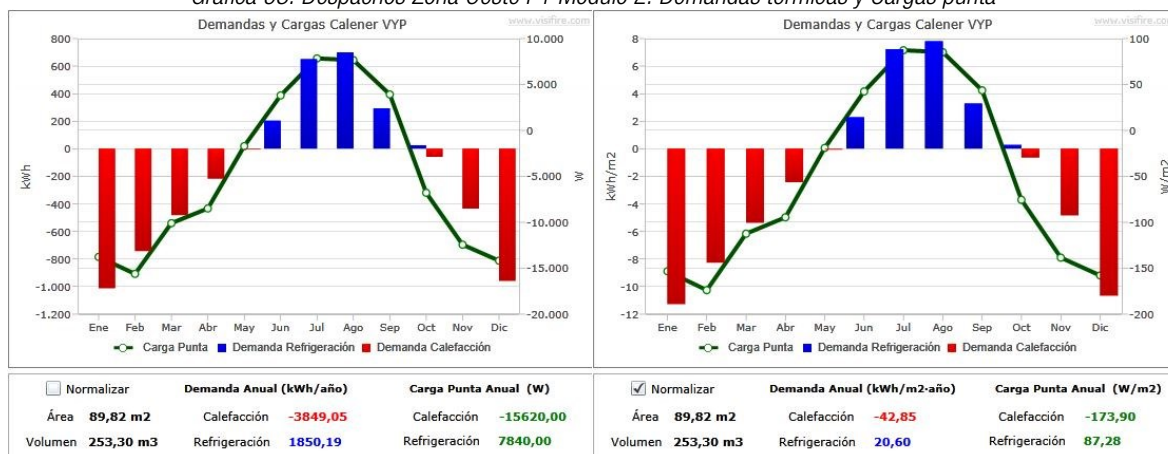


ANEXO C. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS Y SU CALIFICACIÓN

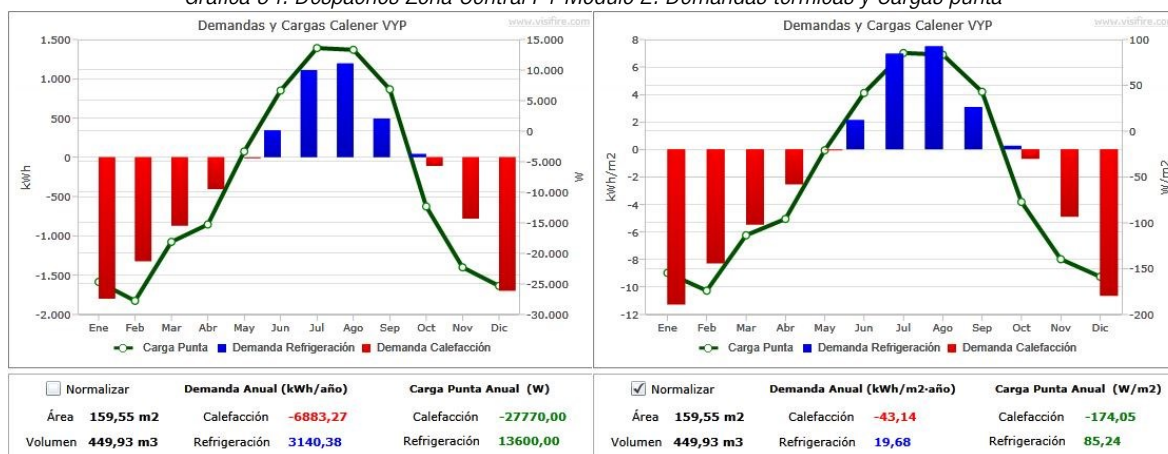
Gráfica 92. Despachos Secretaria P1 Módulo 3. Demandas térmicas y Cargas punta



Gráfica 93. Despachos Zona Oeste P1 Módulo 2. Demandas térmicas y Cargas punta

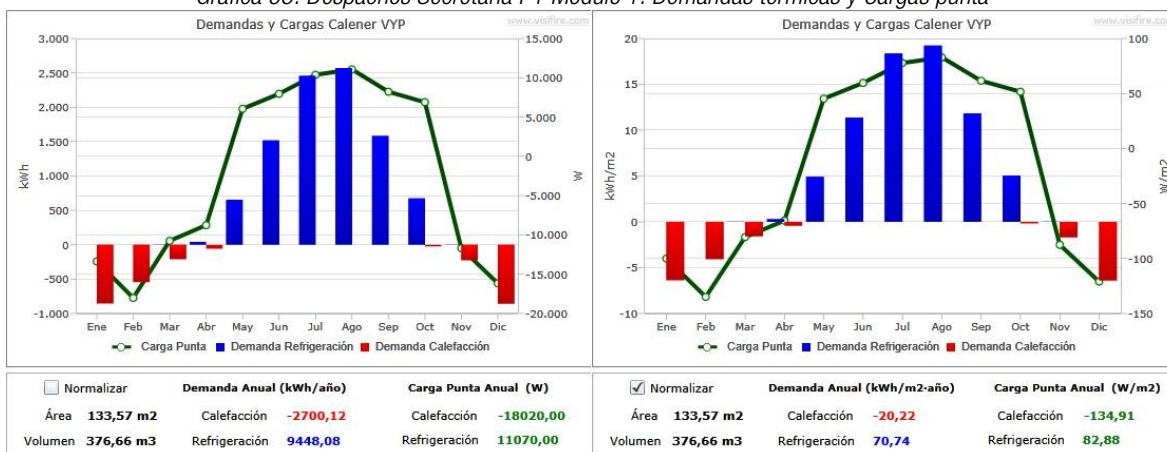


Gráfica 94. Despachos Zona Central P1 Módulo 2. Demandas térmicas y Cargas punta

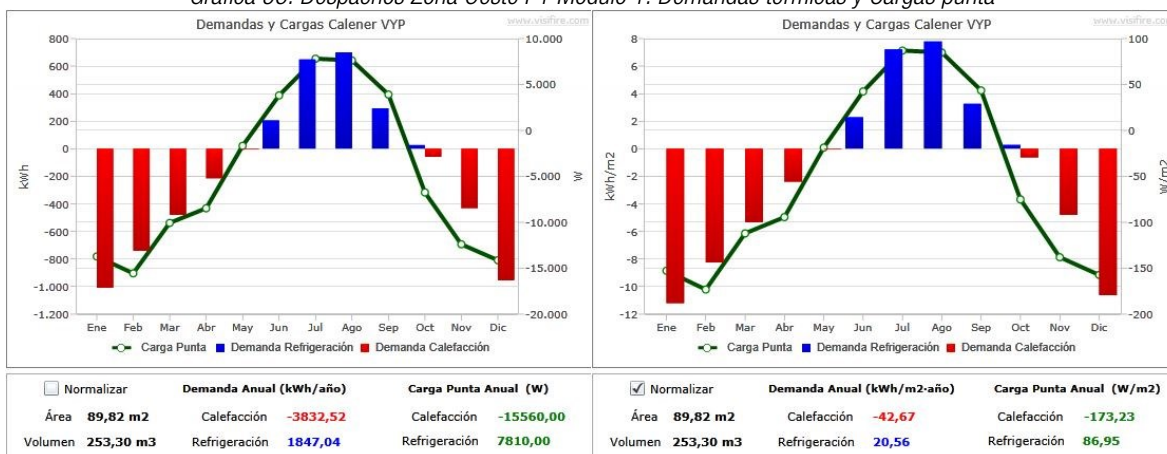


ANEXO C. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS Y SU CALIFICACIÓN

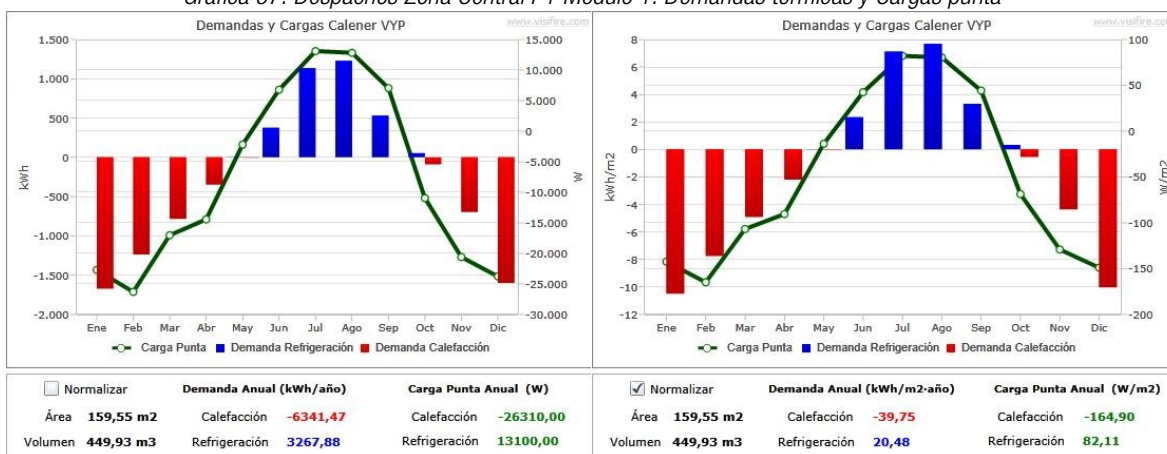
Gráfica 95. Despachos Secretaria P1 Módulo 1. Demandas térmicas y Cargas punta



Gráfica 96. Despachos Zona Oeste P1 Módulo 1. Demandas térmicas y Cargas punta

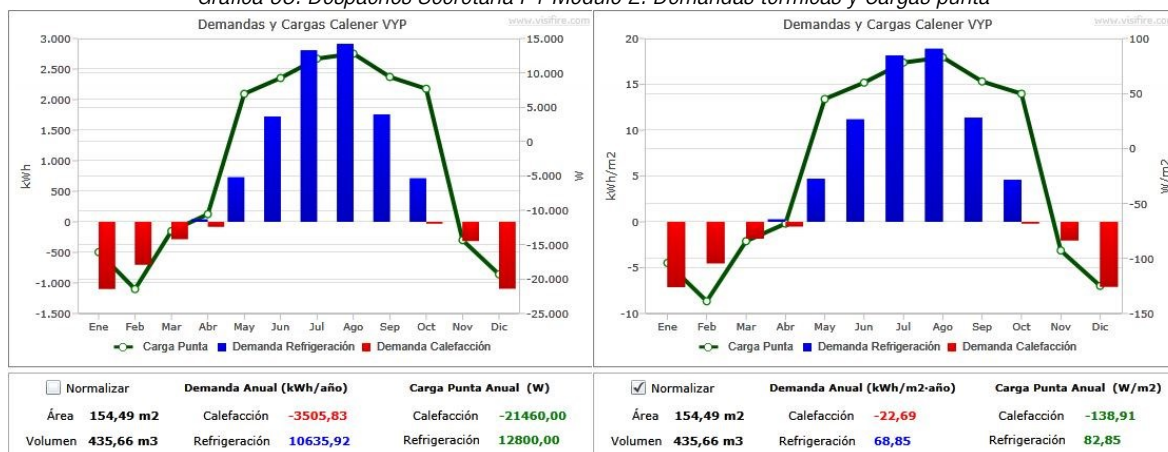


Gráfica 97. Despachos Zona Central P1 Módulo 1. Demandas térmicas y Cargas punta



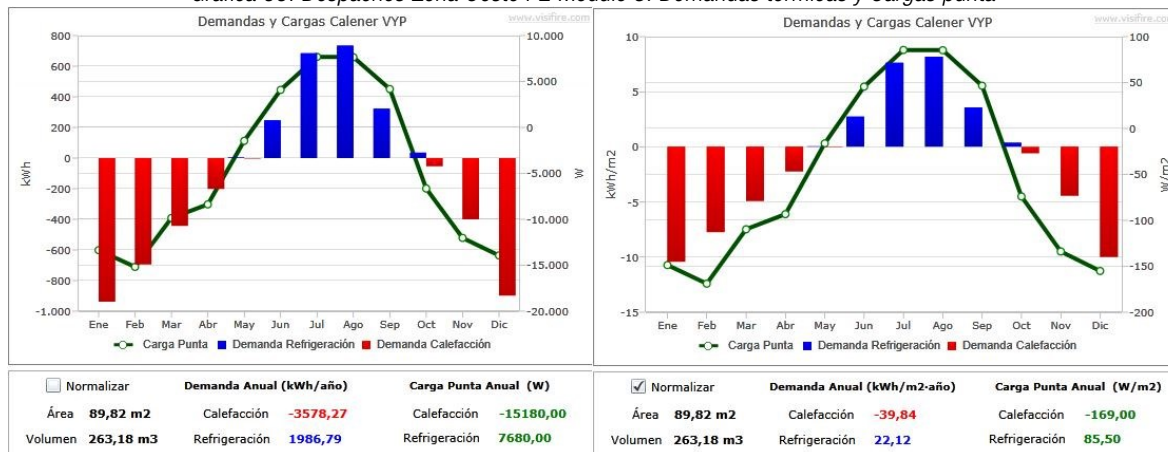
ANEXO C. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS Y SU CALIFICACIÓN

Gráfica 98. Despachos Secretaria P1 Módulo 2. Demandas térmicas y Cargas punta

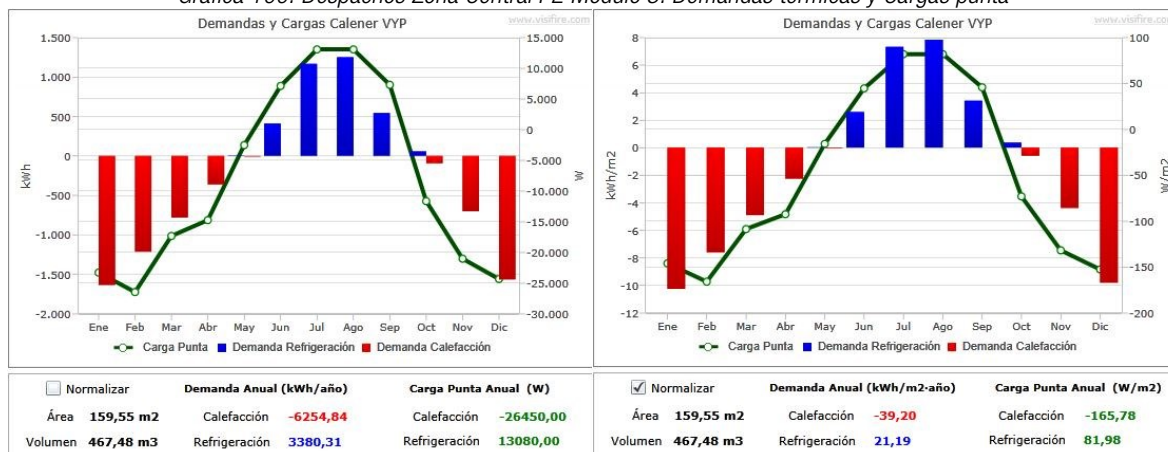


ANEXO C.4.4. GRÁFICAS DEMANDAS TÉRMICAS POR ESPACIOS PRIMERA PLANTA

Gráfica 99. Despachos Zona Oeste P2 Módulo 3. Demandas térmicas y Cargas punta



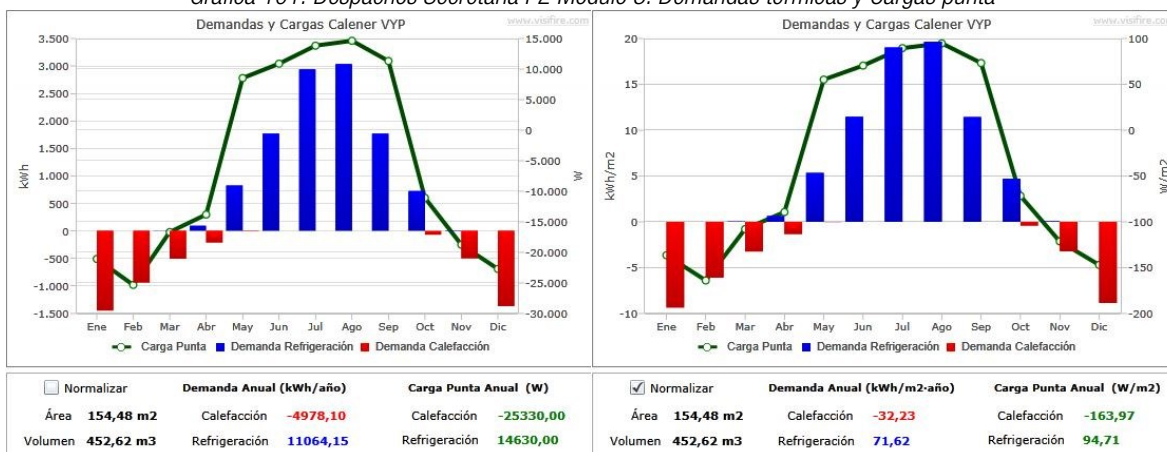
Gráfica 100. Despachos Zona Central P2 Módulo 3. Demandas térmicas y Cargas punta



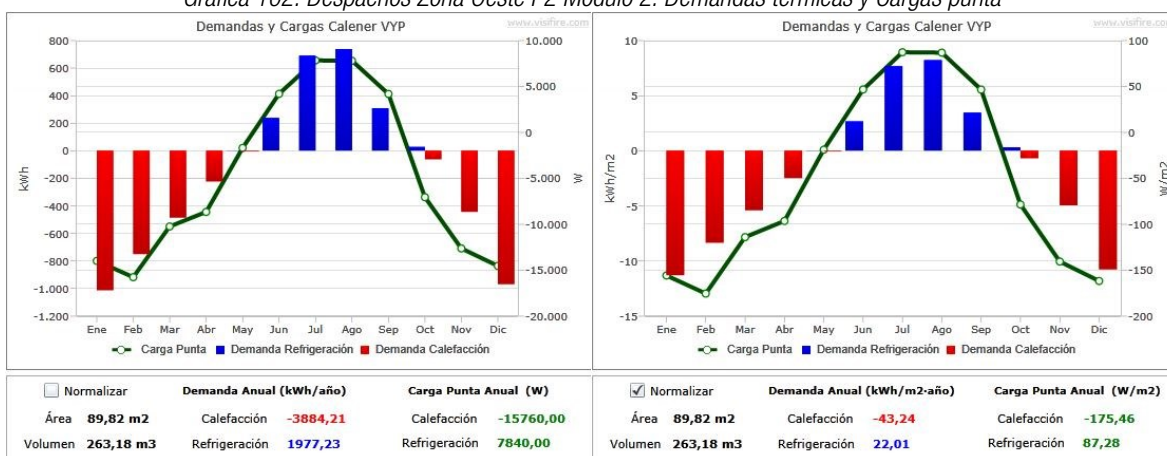


ANEXO C. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS Y SU CALIFICACIÓN

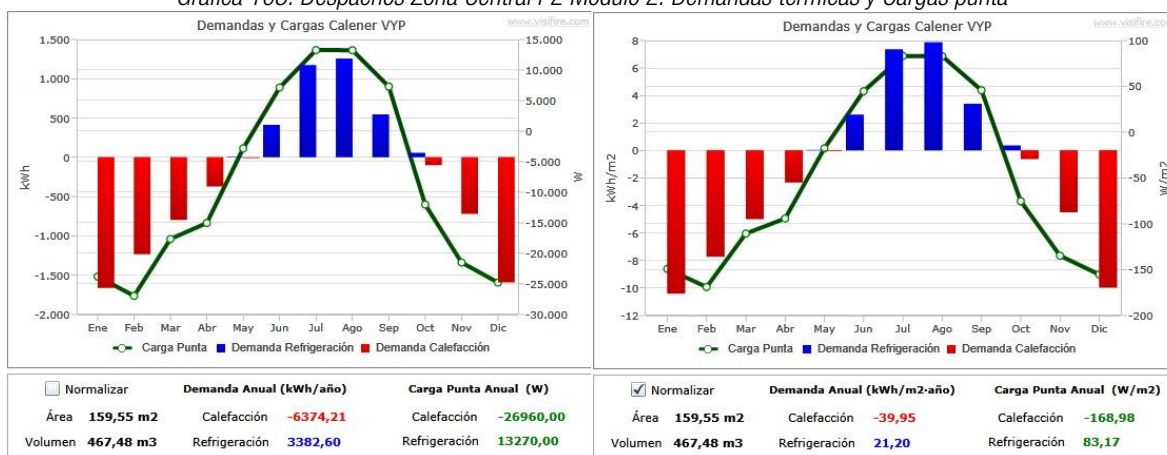
Gráfica 101. Despachos Secretaria P2 Módulo 3. Demandas térmicas y Cargas punta



Gráfica 102. Despachos Zona Oeste P2 Módulo 2. Demandas térmicas y Cargas punta

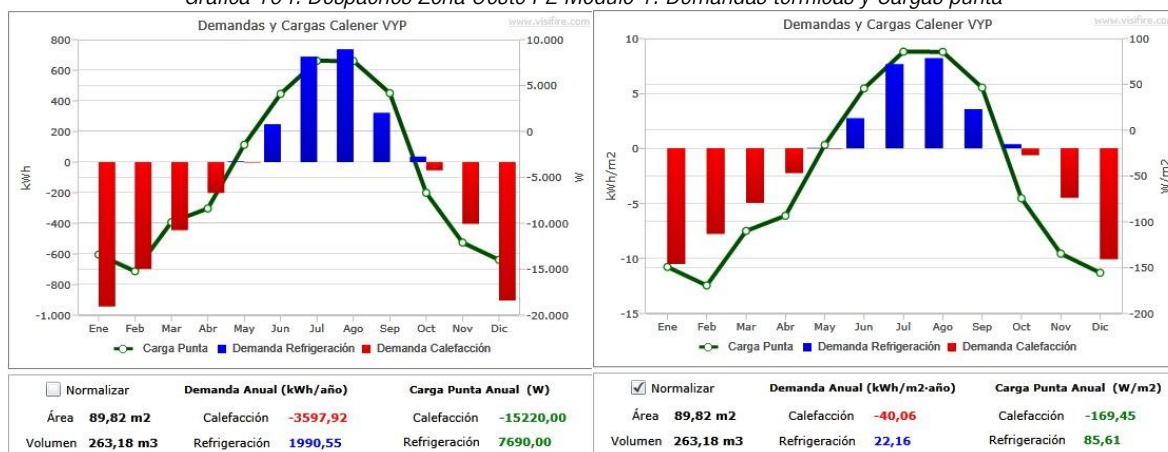


Gráfica 103. Despachos Zona Central P2 Módulo 2. Demandas térmicas y Cargas punta

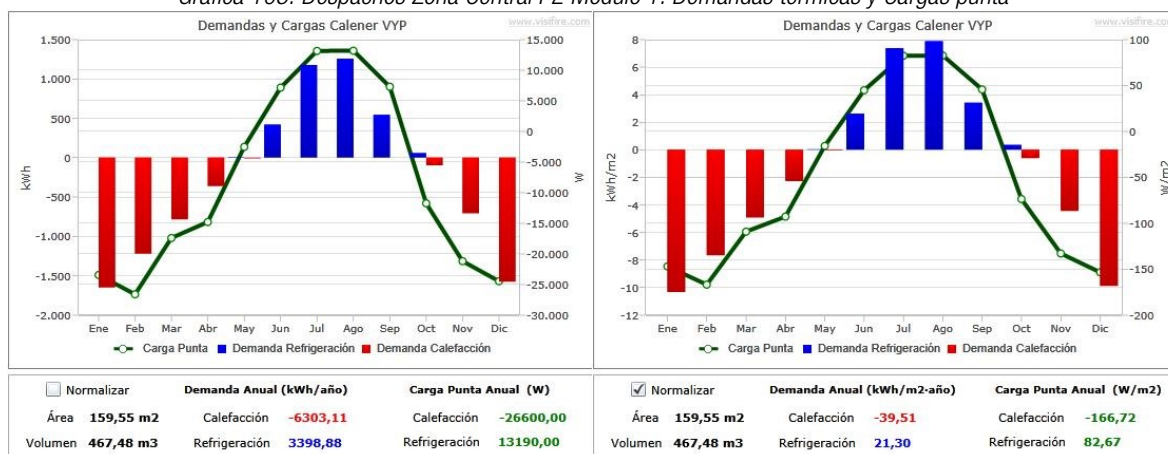


ANEXO C. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS Y SU CALIFICACIÓN

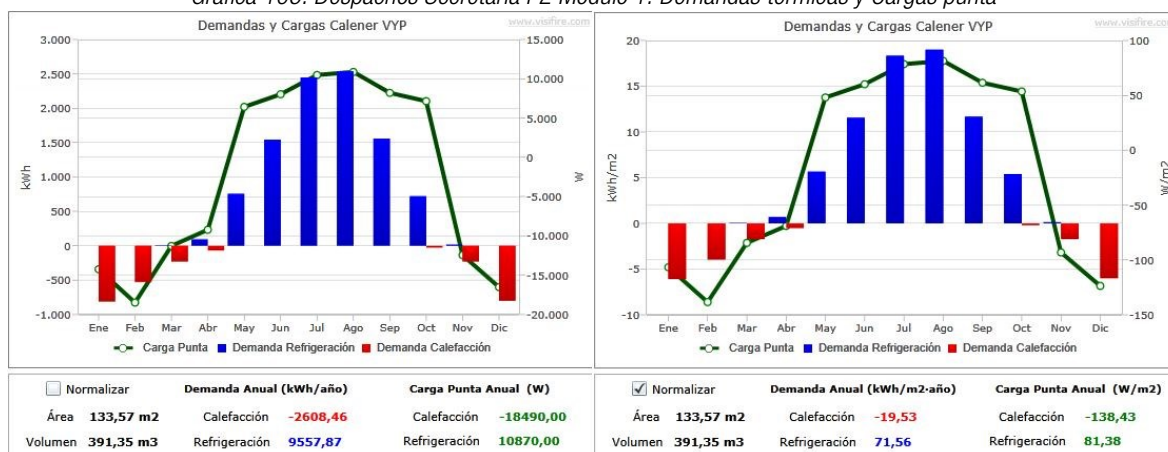
Gráfica 104. Despachos Zona Oeste P2 Módulo 1. Demandas térmicas y Cargas punta



Gráfica 105. Despachos Zona Central P2 Módulo 1. Demandas térmicas y Cargas punta

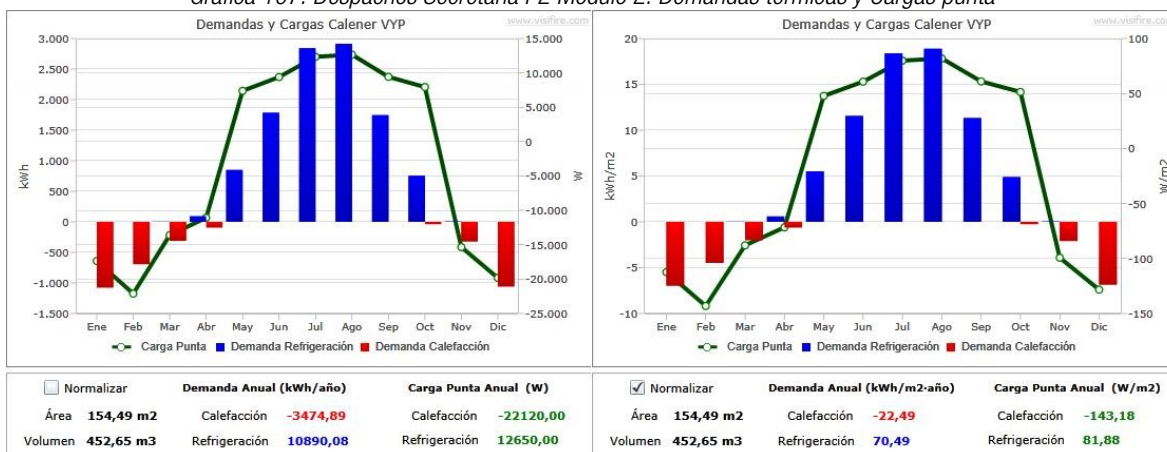


Gráfica 106. Despachos Secretaria P2 Módulo 1. Demandas térmicas y Cargas punta



ANEXO C. RESULTADOS DE CÁLCULO DE LAS DEMANDAS TÉRMICAS Y SU CALIFICACIÓN

Gráfica 107. Despachos Secretaria P2 Módulo 2. Demandas térmicas y Cargas punta



## ANEXO D. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO EN CALENER GT PARA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

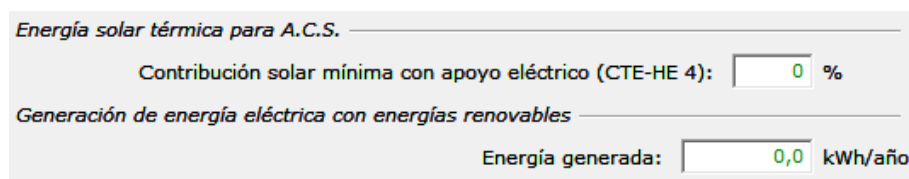
En este anexo se justifica el procedimiento seguido en *Calener GT* para calcular los consumos eléctricos en iluminación y climatización, y el certificado energético del edificio definitivo, utilizando el modelo geométrico y sus propiedades, creado en *LIDER*. Se considera importante porque los resultados de cálculo de calificación energética se deben en gran medida de la precisión en la introducción de datos en el programa.

Se muestran múltiples capturas de pantalla del programa para facilitar la comprensión de la descripción de cada apartado. Se omite que la fuente de las figuras es de elaboración propia a partir del manejo del programa *Calener GT*, y en sustitución, para una mejor visualización del proyecto, tanto en la redacción como en el índice de figuras del proyecto, se indica la fuente como “*Calener GT*”, inmediatamente después del número de la figura.

### ANEXO D.1. DATOS DEL PROYECTO. ENERGÍAS RENOVABLES

Además de los datos generales del proyecto y datos personales de contacto, se selecciona como *tipo de edificio: destinado a la Enseñanza*, y *Tipo de calificación: edificio existente*.

En este caso asignamos por defecto, que el edificio *no contribuye a generación de ACS* con energía solar térmica, ni *tampoco genera electricidad con energías renovables*.



Energía solar térmica para A.C.S. —————

Contribución solar mínima con apoyo eléctrico (CTE-HE 4):  %

Generación de energía eléctrica con energías renovables —————

Energía generada:  kWh/año

Figura 87. *Calener GT*. Datos generales. Energías renovables

Aunque el edificio sea existente desde el año 2000 y la normativa vigente no le es aplicable porque se introdujo en el año 2006, hay que tener en cuenta el *Código Técnico de la Edificación*, en el caso de que se decidiera *modificar o mejorar el sistema de climatización del edificio*, como se pretende en este proyecto.

Según el *CTE DB HE-0 art 2.2.2 Cuantificación de la exigencia*, referente al *consumo de energía primaria no renovable* para edificios nuevos o ampliaciones de edificios

existentes de otros usos, se exige que la calificación energética para el *indicador de consumo de energía primaria no renovable* del edificio debe ser de **eficiencia igual o superior a la clase B**, que en este caso no cumple el edificio por tener calificación C con índice 0,67 en energía primaria, según se puede comprobar en el *subcapítulo 6.9. Resultados calificación energética en Calener GT, y en el ANEXO E.4. Documento Resultados de CALENER GT*.

En el **DB HE-4**, indica que las **exigencias de contribución solar mínima para agua caliente sanitaria** se aplican a edificios de nueva construcción o a *edificios existentes* en que se reforme íntegramente el edificio en sí o la **instalación térmica**, o en los que se produzca un cambio de uso característico del mismo, en los que exista una *demanda de agua caliente sanitaria (ACS)* superior a 50 l/d; o ampliaciones o intervenciones, no cubiertas en el los casos anteriores, en edificios existentes con una demanda inicial de ACS superior a 5.000 l/día, que supongan un incremento superior al 50% de la demanda inicial.

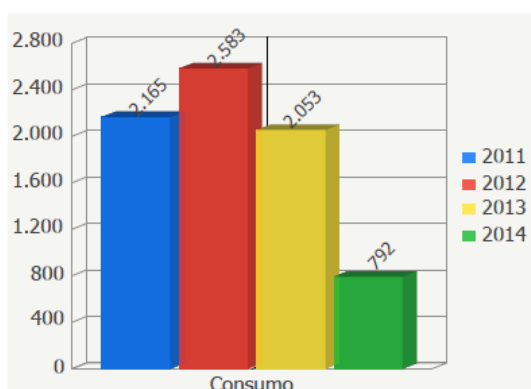
En este caso, en el proyecto se propone implantar *bombas de calor geotérmicas* para cubrir la demanda en calefacción y refrigeración del edificio, lo cual se puede considerar como una *reforma íntegra de la instalación térmica*, aunque se conservarían las unidades de tratamiento de aire fan-coils, y en todo caso, las bombas de calor actuales existentes en el edificio actuarían como apoyo a la nueva instalación.

En este edificio, realmente no es aplicable exigir la contribución solar para agua caliente sanitaria, porque el edificio **no dispone de agua caliente sanitaria para su consumo**, pero en cambio sería apropiado una *instalación solar térmica* para calentar el agua para la demanda de calefacción de la instalación de climatización del edificio, y evitar que el calentamiento del agua no se produzca a través del consumo eléctrico.

Por otro lado, la **demandas de agua del edificio**, según el informe de *consumo por edificios* de la Universidad, consultado a fecha 07/07/2014, es la siguiente:



### Consumo Agua:m3 anual



Gráfica 108. Consumo Anual agua m³.  
Fuente: Servicio de Infraestructuras Universidad Alicante

El *promedio de consumo de Agua*, entre los cursos años 2011 y 2013, es de 2267 m³ al año. Considerando que los días de uso del edificio son aprox. 275 días, el cálculo de consumo de agua diario es en torno a 8243 litros.

Es cierto que según los datos de consumo mensual, en los dos últimos años se ha reducido el consumo de agua progresivamente. Por otro lado, es

sorprendente ver que de promedio, en un día, se consumen más de 8000 litros de agua en el edificio, pues además no existe agua caliente sanitaria, y el único consumo de agua de forma directa por parte de los usuarios es en los aseos, en los lavabos e inodoros.

Los alumnos, que son los que generan más consumo de agua, tienen disponibles 4 aseos, dos por planta y cada uno para hombres o mujeres. También hay otros, aseos pero mucho menos frecuentados, un aseo en la zona de conserjería de planta baja y otro aseo en planta sótano, que solo usan unos pocos investigadores que trabajan en laboratorios cercanos.

Por cada planta de los módulos de plantas primera y segunda, hay 2 aseos pequeños con un lavabo y dos inodoros, por tanto, en total hay 12 aseos en los módulos.

Dicho esto, también cabe decir que no parece posible que el consumo de agua del edificio se deba a los aseos. El *riego de árboles y césped* se hace con *aguas subterráneas* que la universidad recoge en un pozo y depura.

Por tanto, sólo queda que despejar la incógnita de que gran parte del consumo de agua del edificio, lo genera el **sistema de climatización por bombas de calor tipo aire-agua con fan-coils**.



## ANEXO D.2. GEOMETRÍA. EDIFICIO

La gran diferencia observada entre *LIDER* o *Calener VyP* y *Calener GT* es que en *Calener GT*, además de las propiedades de cada elemento geométrico del edificio, es decir, plantas, espacios, cerramientos, ventanas y puertas, vienen además *definidas por horarios de uso*, que se pueden y deben personalizar adecuándolos al uso del edificio.

Los **horarios** en *Calener GT* son de gran importancia porque definen el funcionamiento horario de las 24 horas diarias de todo un año completo, tanto para los huecos, ventanas y puertas, elementos de sombreado, como para los sistemas de climatización, iluminación y ACS.

### ANEXO D.2.1. PLANTAS

A diferencia que *LIDER* y *Calener VyP*, en *Calener GT* se tiene en cuenta tanto la altura de suelo a forjado, como de suelo a falso techo. En *LIDER* se indica altura de pavimento a pavimento de la siguiente planta y se le resta a la altura el grosor del cerramiento suelo.

En las *propiedades de los espacios*, sí aparece la altura total habiéndose restado el grosor de **los suelos**, pero tiene *errores* en las alturas del *volumen de aire interior*, pues suele haber un error de 1 cm en plantas, y además no tiene en cuenta al altura de los espacios unidos verticalmente; por lo que las escaleras, ascensores y espacio de dos alturas, aparecen con la altura total de la planta a la que pertenece cada espacio.

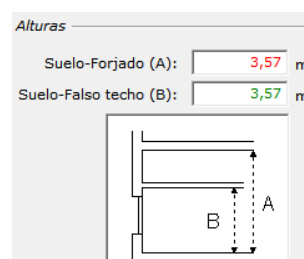


Figura 88. Calener GT. Alturas entre suelo, forjado y techo

Por tanto, se ha tenido que corregir todas las alturas de los espacios del edificio para que la altura final sea de 3,22 metros en planta baja y sótano, 2,67 en planta primera y segunda, 6,79 m en *aula EP/S-04E*, y 14,20 m en escaleras y ascensores.

## ANEXO D.2.2. ESPACIOS

En las propiedades y opciones de los espacios, aparecen los datos que definen el cálculo de las **fuentes internas**, es decir, *las cargas sensibles y latentes* producidas por las *personas, por los equipos y la iluminación*.

En la *pestaña de Descripción y geometría* de los espacios, aparece en primer lugar el **Tipo de Actividad**, que por lo visto, *Calener GT* tiene predefinidos varios tipos de actividades para los edificios, y cada actividad implica unas *cargas sensibles y latentes por ocupación y por equipos*, que aparecen en la *pestaña Ocupación, equipos e infiltración*.

En definitiva, en el apartado de propiedades de cada espacio del edificio sólo se modifica el **valor de área por persona y potencia de los equipos** por superficie. En este caso, el *tipo de actividad* apropiada del edificio es **Docencia**. Si se selecciona, en la siguiente *pestaña* aparecen automáticamente los siguientes datos:

Ocupación	
Horario:	Ocupacion-Docencia
Área/Ocupante:	2,50 m <sup>2</sup> /persona
Q sensible/Ocupante:	77,03 W/persona
Q latente/Ocupante:	37,97 W/persona
Fuentes internas de calor (Equipos)	
Horario:	Iluminacion-Docencia
Potencia/Área:	10,00 W/m <sup>2</sup>
Fracción sensible:	1,00 ratio
Fracción latente:	0,00 ratio
Infiltraciones	
Horario:	Infiltracion-Docencia
Renovaciones/hr:	2,23 1/h

Figura 89. Calener GT. Ocupación, fuentes internas de calor (equipos), Infiltraciones

## C. OCUPACIÓN

En el apartado **Ocupación** se puede ver que se considera para el cálculo una *carga sensible* de 77,03 W por persona y una *carga latente* de 37,97 W por persona. Así mismo indica que cada persona ocupa 2,50 m<sup>2</sup>.

Para el *tipo de Actividad Docencia*, si se relaciona la carga calorífica entre el área ocupada por persona, resulta una *carga sensible* de 30,812 W/m<sup>2</sup> y una *carga latente* de 15,188 W/m<sup>2</sup>.

A simple vista, los datos de cálculo resultan escandalosos, si se tiene en cuenta lo comentado anteriormente en el apartado de *Tipo de Uso e Intensidad*, en la *Descripción* del proyecto en *LIDER*, para una *intensidad Media*, porque la carga sensible de cálculo de *LIDER* es 6 W/m<sup>2</sup>, y para una **intensidad Alta**, 10 W/m<sup>2</sup>.

Resulta una relación de tres veces más carga sensible en *Calener GT*, que en *intensidad Alta* predefinida en *LIDER*; y en cualquier tipo de actividad predefinida en el programa, parece que resulta desproporcionado con *Calener GT*, lo cual conlleva a que las *demandas en calefacción y refrigeración* sean sustancialmente mayores si no se ajustan estas variables de cálculo.

Para una *actividad de trabajo ligero sentado, en un centro docente*, una persona desprende un *calor sensible* de 60 Kcal/h y un *calor latente* de 40 Kcal/h, para una temperatura ambiente de 24 °C, que equivale a 69,78 W de *carga sensible*, y a 46,51 W de *carga latente* por persona.

Comparando las cargas por persona por defecto de *Calener GT para actividad Docencia*, en cuanto a carga sensible también resulta un 9,43% mayor que la tomada como referencia para recalcular las cargas sensibles, y en carga latente un 22,50% inferior a la tomada como referencia.

En este proyecto se considera que las cargas térmicas son realmente importantes para el cálculo, porque también condicionan el consumo energético y producción de CO<sub>2</sub> por las *instalaciones de climatización*.

Por tanto, para cada espacio, se toma la decisión de *sólo modificar el valor de la superficie ocupada por persona*, y no se va a contradecir en los valores predefinidos por *Calener GT* en cuanto las *cargas sensible y latente* por ocupante, pues además de no saber con certeza tal valor, conllevaría un trabajo importante de modificar valores, debido a la gran cantidad de espacios que tiene el edificio.

Se ha calculado el valor de la *superficie por persona* teniendo en cuenta el *promedio de alumnos* que pasan por cada aula en función de todas las asignaturas que se imparten en cada aula, cuya tabla de cálculos se adjunta en el **ANEXO D.6.1. Relación de superficie de aulas por persona**.

Por último, el cálculo de *cargas latentes y sensibles* se define en función de un *horario anual de Ocupación*.

El *horario anual* depende del *horario semanal y diario*. En el horario anual se indican los periodos de días y meses, teniendo en cuenta para ellos diferentes horarios semanales y diarios que corresponden a la ocupación del edificio en *periodo lectivo, festivo, fechas de exámenes, periodo de evaluación y defensa de proyectos finales*. Se ha tenido en

cuenta exactamente las fechas indicadas en el Calendario Académico del curso 2013/2014 de la Universidad de Alicante.

En cada horario semanal se indica el horario diario correspondiente para cada día de la semana, es decir, hay un horario semanal por cada tipo de horario diario creado, pues el mismo horario diario de lunes a viernes, y el fin de semana con horario sin ocupación.

Los horarios diarios son *tipo Fracción*, donde el valor real del parámetro de ocupación sólo varía entre 0 y 1. Es decir, en el **Horario Diario** se indica para cada hora del día un valor que multiplica las variables a las que se asocie el horario, que en este caso se aplica para las *cargas sensibles y latentes*, por lo tanto, si el valor es menor que 1, se está considerando que hay menos personas en el aula del edificio para esa hora en concreto, siendo el valor máximo el indicado en la ocupación de cada espacio del edificio.

Por otro lado también es difícil cuantificar el ratio de uso de cada aula durante las todas las horas del día.

El horario diario Docencia, de *Calener GT*, considera que hay un uso más elevado de 90% entre las 9 y las 11 de la mañana, un 80% entre las 11 y las 14 horas, mientras que entre las 14 y 16 horas se considera un 45% de uso, entre las 16 y 19 horas de la tarde un 60%, y a partir de las 19 horas con un 30%, se va reduciendo un 10% hasta las 22 horas.

En este caso, teniendo en cuenta el *uso del edificio* de la Universidad, los alumnos se asignan en grupos, los cuales son por lo general, de mañanas o tardes, esto es que la mayoría de asignaturas semanales se concentran en horarios de mañanas o tardes. Por lo tanto, en el edificio existen grupos que ocupan las aulas casi todo el día.

En realidad el edificio tiene un uso máximo de 13 horas diarias, desde las 8:30 a las 21:30 horas, pero en el calendario semanal por aula, las horas de uso diario varían entre 2 y 14, siendo la media de todas las horas diarias semanales de las aulas de 7,2 horas aprox. según se ha calculado.

Por otro lado, relacionando el rango máximo y mínimo de horas totales por curso de las aulas entre el total de los días docentes, se concluye que el tipo de uso del edificio varía entre 9,92 y 4,08 horas, siendo el promedio de **7 horas diarias**.

Si se quisiera ser muy detallista, habría que elaborar un horario diario personalizado para cada aula, pero se pretende simplificar y establecer un *horario promedio* distinguiendo un horario distinto para *aulas y despachos*.

Analizando individualmente los horarios de cada *aula* del edificio, se concluye que las primeras horas de la mañana, el uso general del edificio es *bajo*. Entre las 10 y las 11 horas el uso comienza a ser elevado, pues gran parte de las aulas están ocupadas. Entre las 14 y 13 horas el uso es mínimo, porque se suele destinar a comer, pero a partir de las 15 horas comienzan los grupos de tardes, y suele ajustarse el horario de inicio entre las 15 y 16 horas de la tarde hasta las 21 horas aprox.

Es cierto, que durante las últimas horas de la tarde, empezando desde las 19 horas hasta las 21:30 horas, las aulas están menos ocupadas por lo general en el edificio, entorno a la mitad de ocupación.

Analizando este punto, se compara con el *horario predefinido para Docencia en Calener GT*, y no se está de acuerdo en los ratios usados, con lo cual en este proyecto se modifica y crean nuevos horarios para adaptarlo a un uso más real del edificio.

Nombre:

Tipo:

Periodos con diferentes horarios semanales (el 1er periodo comienza el 01/01)

	Hasta el día	Hasta el mes	Horario Semanal
1	9	1	Festivo
2	25	1	Exams
3	18	3	Sem-Docen-Ocup
4	16	4	Sem-Docen-Ocup
5	28	4	Festivo
6	30	4	Sem-Docen-Ocup
7	2	5	Festivo
8	29	5	Sem-Docen-Ocup
9	14	6	Exams
10	25	6	Evaluacion-Aulas
11	12	7	Exams
12	25	7	Evaluacion-Aulas
13	31	8	Festivo
14	8	9	DefensaPF
15	20	12	Sem-Docen-Ocup
16	31	12	Festivo

Figura 90. Calener GT. Horario anual de Ocupación para Aulas

Nombre:

Tipo:

Periodos con diferentes horarios semanales (el 1er periodo comienza el 01/01)

	Hasta el día	Hasta el mes	Horario Semanal
1	9	1	Festivo
2	25	1	Exams
3	18	3	Sem-Docen-Ocup-Modulos
4	16	4	Sem-Docen-Ocup-Modulos
5	28	4	Festivo
6	30	4	Sem-Docen-Ocup-Modulos
7	2	5	Festivo
8	29	5	Sem-Docen-Ocup-Modulos
9	14	6	Exams
10	25	6	Evaluacion-Despachos
11	12	7	Exams
12	25	7	Evaluacion-Despachos
13	31	8	Festivo
14	8	9	DefensaPF
15	20	12	Sem-Docen-Ocup-Modulos
16	31	12	Festivo

Figura 91. Calener GT. Horario anual de Ocupación para Despachos

ANEXO D. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO EN CALENER GT PARA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

Nombre:

Tipo:

Valores Horarios

0 - 1:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	8 - 9:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio	16 - 17:	<input type="text" value="0,9000"/>	ratio
1 - 2:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	9 - 10:	<input type="text" value="0,8000"/>	ratio	17 - 18:	<input type="text" value="1,0000"/>	ratio
2 - 3:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	10 - 11:	<input type="text" value="0,9000"/>	ratio	18 - 19:	<input type="text" value="1,0000"/>	ratio
3 - 4:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	11 - 12:	<input type="text" value="1,0000"/>	ratio	19 - 20:	<input type="text" value="0,7000"/>	ratio
4 - 5:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	12 - 13:	<input type="text" value="1,0000"/>	ratio	20 - 21:	<input type="text" value="0,7000"/>	ratio
5 - 6:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	13 - 14:	<input type="text" value="0,9000"/>	ratio	21 - 22:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio
6 - 7:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	14 - 15:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio	22 - 23:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
7 - 8:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	15 - 16:	<input type="text" value="0,8000"/>	ratio	23 - 24:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio

Figura 92. Calener GT. Horario diario modificado para Ocupación de Aulas

Nombre:

Tipo:

Valores Horarios

0 - 1:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	8 - 9:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio	16 - 17:	<input type="text" value="0,3000"/>	ratio
1 - 2:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	9 - 10:	<input type="text" value="0,3000"/>	ratio	17 - 18:	<input type="text" value="0,3000"/>	ratio
2 - 3:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	10 - 11:	<input type="text" value="0,3000"/>	ratio	18 - 19:	<input type="text" value="0,3000"/>	ratio
3 - 4:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	11 - 12:	<input type="text" value="0,3000"/>	ratio	19 - 20:	<input type="text" value="0,3000"/>	ratio
4 - 5:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	12 - 13:	<input type="text" value="0,3000"/>	ratio	20 - 21:	<input type="text" value="0,2000"/>	ratio
5 - 6:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	13 - 14:	<input type="text" value="0,3000"/>	ratio	21 - 22:	<input type="text" value="0,0500"/>	ratio
6 - 7:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	14 - 15:	<input type="text" value="0,0500"/>	ratio	22 - 23:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
7 - 8:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	15 - 16:	<input type="text" value="0,0500"/>	ratio	23 - 24:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio

Figura 93. Calener GT. Horario diario para Ocupación de Despachos periodo docente

Nombre:

Tipo:

Valores Horarios

0 - 1:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	8 - 9:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio	16 - 17:	<input type="text" value="0,5000"/>	ratio
1 - 2:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	9 - 10:	<input type="text" value="0,5000"/>	ratio	17 - 18:	<input type="text" value="0,5000"/>	ratio
2 - 3:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	10 - 11:	<input type="text" value="0,5000"/>	ratio	18 - 19:	<input type="text" value="0,5000"/>	ratio
3 - 4:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	11 - 12:	<input type="text" value="0,5000"/>	ratio	19 - 20:	<input type="text" value="0,5000"/>	ratio
4 - 5:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	12 - 13:	<input type="text" value="0,5000"/>	ratio	20 - 21:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio
5 - 6:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	13 - 14:	<input type="text" value="0,5000"/>	ratio	21 - 22:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
6 - 7:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	14 - 15:	<input type="text" value="0,0500"/>	ratio	22 - 23:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
7 - 8:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	15 - 16:	<input type="text" value="0,1500"/>	ratio	23 - 24:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio

Figura 94. Calener GT. Horario diario para Ocupación del edificio en periodo de Exámenes

Nombre:

Tipo:

Valores Horarios

0 - 1:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	8 - 9:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio	16 - 17:	<input type="text" value="0,2000"/>	ratio
1 - 2:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	9 - 10:	<input type="text" value="0,2000"/>	ratio	17 - 18:	<input type="text" value="0,2000"/>	ratio
2 - 3:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	10 - 11:	<input type="text" value="0,2000"/>	ratio	18 - 19:	<input type="text" value="0,2000"/>	ratio
3 - 4:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	11 - 12:	<input type="text" value="0,2000"/>	ratio	19 - 20:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio
4 - 5:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	12 - 13:	<input type="text" value="0,2000"/>	ratio	20 - 21:	<input type="text" value="0,0500"/>	ratio
5 - 6:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	13 - 14:	<input type="text" value="0,2000"/>	ratio	21 - 22:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
6 - 7:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	14 - 15:	<input type="text" value="0,0500"/>	ratio	22 - 23:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
7 - 8:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	15 - 16:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio	23 - 24:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio

Figura 95. Calener GT. Horario diario para Ocupación de Aulas en periodo de Evaluación



Nombre:

Tipo:

Valores Horarios

0 - 1:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	8 - 9:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio	16 - 17:	<input type="text" value="0,6000"/>	ratio
1 - 2:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	9 - 10:	<input type="text" value="0,8000"/>	ratio	17 - 18:	<input type="text" value="0,6000"/>	ratio
2 - 3:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	10 - 11:	<input type="text" value="0,8000"/>	ratio	18 - 19:	<input type="text" value="0,6000"/>	ratio
3 - 4:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	11 - 12:	<input type="text" value="0,8000"/>	ratio	19 - 20:	<input type="text" value="0,4000"/>	ratio
4 - 5:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	12 - 13:	<input type="text" value="0,8000"/>	ratio	20 - 21:	<input type="text" value="0,2000"/>	ratio
5 - 6:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	13 - 14:	<input type="text" value="0,8000"/>	ratio	21 - 22:	<input type="text" value="0,0500"/>	ratio
6 - 7:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	14 - 15:	<input type="text" value="0,2000"/>	ratio	22 - 23:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
7 - 8:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	15 - 16:	<input type="text" value="0,0500"/>	ratio	23 - 24:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio

Figura 96. Calener GT. Horario diario para Ocupación de Despachos en periodo de Evaluación

Nombre:

Tipo:

Valores Horarios

0 - 1:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	8 - 9:	<input type="text" value="0,0500"/>	ratio	16 - 17:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
1 - 2:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	9 - 10:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio	17 - 18:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
2 - 3:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	10 - 11:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio	18 - 19:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
3 - 4:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	11 - 12:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio	19 - 20:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
4 - 5:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	12 - 13:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio	20 - 21:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
5 - 6:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	13 - 14:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio	21 - 22:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
6 - 7:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	14 - 15:	<input type="text" value="0,0500"/>	ratio	22 - 23:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
7 - 8:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	15 - 16:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	23 - 24:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio

Figura 97. Calener GT. Horario diario Ocupación de Aulas periodo Defensa proyectos finales

El *horario diario de sábados* se modifica, de forma que el valor sea cero porque el edificio está cerrado.

## D. FUENTES INTERNAS DE CALOR (EQUIPOS)

En este caso, los *equipos* que hay en las aulas, son mínimo por aula, un proyector de diapositivas colgado del techo y un ordenador de sobremesa con una pantalla.

Adicionalmente suele haber alumnos con sus portátiles trabajando. En *aulas de dibujo y arquitectura*, como en el *aula de instalaciones y las aulas de informática*, suele haber un número elevado de *ordenadores portátiles* enchufados al mismo tiempo. En el resto de aulas suele haber dos o tres ordenadores portátiles enchufados, además del instalado en la mesa del profesor.

Por defecto, para el *uso Docente*, aparece el valor de 10 W/m<sup>2</sup>. Para aulas en las que no suele usarse mucho el ordenador, resulta un valor un tanto elevado, hasta el doble en algunas aulas, aunque para las aulas con muchos ordenadores, la *carga sensible* producida por estos, varía entre 28 y 33 W/m<sup>2</sup>.

Se calcula para cada aula, una *potencia de equipos por superficie*, modificando el valor por defecto, medido en  $W/m^2$ , considerando como equipos los ordenadores de sobremesa, portátiles, impresoras/fotocopiadoras, máquinas de corte láser, centro de transformación eléctrica del edificio. Para ello se calcula la potencia total instalada y se multiplica por un *coeficiente de uso*, que se ha tomado como coeficiente, la ocupación de las personas, es decir, la relación entre las personas que habitan de media cada aula entre el aforo máximo.

Tabla 82. Potencia unitaria por tipos de equipos en el edificio

Potencia W de Equipos por unidad					
PC profesor	Proyector Cañón	PC Portátil	Impresora	Máquina Corte Láser	Centro Transformación 1800 kVA
300	350	250	8,75	80	23400

Fuente: elaboración propia

Para el cálculo se ha considerado la potencia de cada equipo. El valor de la impresora es de 175 W, pero se ha considerado que como mucho se usa tres minutos cada hora, por tanto se multiplica la potencia total instalada por 3/60 minutos, como *coeficiente de uso*.

Para la potencia de la *máquina láser*, se preguntó directamente a los becarios alumnos de arquitectura que la llevan.

Para el *centro de transformación* se ha hecho un cálculo, tomando referencia el proyecto, que indica que hay dos transformadores, uno de 800 KVA y otro de 1000 KVA. Se ha consultado un proyecto donde se calcula la relación entre kVA y las pérdidas de calor en forma de efecto Joule que tiene el transformador, calculado para ello las pérdidas en vacío y pérdidas en carga.

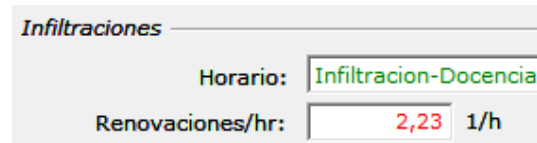
La suma total del cálculo es la expresada en la tabla anterior, pero **no se considera para el cálculo** de *Calener* porque el cuarto de instalaciones es un espacio no habitable, aunque se podría considerar para estimar un consumo eléctrico adicional del edificio.

Los cálculos y resultados de  $W/m^2$  de los equipos por espacios, se adjuntan en el ANEXO F.1. Cálculo de consumos de iluminación y equipamiento del edificio.

El *horario* seleccionado para los **equipos**, por defecto es el mismo horario que la *iluminación*. En este caso se ha considerado más apropiado asignarle el mismo horario anual modificado para la **Ocupación**, pues el número de equipos depende de los *ocupantes*.

## E. INFILTRACIONES DE AIRE EXTERIOR

En cada espacio, se conservan las *renovaciones por hora*, tras exportar desde *LIDER* a *Calener GT*. También hay un horario predefinido para *Docencia*.



Infiltraciones	
Horario:	Infiltracion-Docencia
Renovaciones/hr:	2,23 1/h

Figura 98. Calener GT. Infiltraciones de aire exterior

Si se observan los valores horarios, del horario *Infiltración*, se puede comprobar que el *ratio tipo fracción* es 1 para las horas que no hay docencia, es decir, se entiende que el aire se infiltra en función de la *permeabilidad al aire de la carpintería*, sólo durante las horas que nadie habita el espacio docente.

En el caso de *LIDER-Calener VyP*, se podría entender que las *infiltraciones del aire* se producen durante todas las horas del día. De hecho es cierto que el aire fluye en gran medida, por debajo de las hojas de las puertas de las aulas y despachos, tanto hacia al exterior como al interior, cualquier hora del día.

Pero también es cierto, que el aire fluye hacia el exterior porque los espacios se encuentran en *sobrepresión*, siempre cuando el sistema de acondicionamiento del aire impulsa el aire esté en funcionamiento, y por tanto las infiltraciones se eliminan. Por eso se entiende que el horario de *Calener GT*, considera que no hay infiltraciones de aire exterior durante las horas de uso del edificio.

En la realidad, por práctica común, el aire acondicionado, ya sea calor o frío, no se conecta en las *aulas*; normalmente se conecta cuando la *temperatura y/o humedad del aire interior* llega a incomodar, que suele ser entre las épocas de *invierno y verano*.

Por otro lado, en los *despachos de los módulos, secretarías y conserjería* es habitual que el sistema de climatización del aire esté conectado la mayor parte del tiempo de su uso diario.

En cualquier caso, se ha considerado las *renovaciones mínimas de aire requeridas* según el *RITE*, calculado para garantizar una calidad del aire mínima, pues no se puede medir y cuantificar realmente el caudal de aire impulsado al interior ni las infiltraciones de aire exterior, e incluso las renovaciones de aire que se producen realmente en las aulas, pudieran ser menores que las mínimas que establece el reglamento de instalaciones térmicas.

Finalmente la decisión tomada es mantener las renovaciones por hora según *RITE* y modificar el **horario para infiltraciones**. Entre las 7 y 8 horas, se cambia el valor 0 por 1, porque en esas hora no se ha abierto el edificio todavía.

Desde las 8 hasta las 22 horas se considera que si cada dos horas de docencia se conecta el aire acondicionado 45 minutos, el coeficiente de fracción de infiltraciones es 0.625, es decir, el 63% del tiempo de docencia tiene infiltración de aire exterior y el resto del tiempo no, porque la impulsión de aire por los fan-coils genera sobrepresión en las aulas y no permite la entrada de aire exterior.

Para el horario de sábados se modifican todos los valores horarios a 1, porque no se abren los sábados el edificio.

Nombre:

Tipo:

Valores Horarios

0 - 1:	<input type="text" value="1,0000"/>	ratio	8 - 9:	<input type="text" value="0,6250"/>	ratio	16 - 17:	<input type="text" value="0,6250"/>	ratio
1 - 2:	<input type="text" value="1,0000"/>	ratio	9 - 10:	<input type="text" value="0,6250"/>	ratio	17 - 18:	<input type="text" value="0,6250"/>	ratio
2 - 3:	<input type="text" value="1,0000"/>	ratio	10 - 11:	<input type="text" value="0,6250"/>	ratio	18 - 19:	<input type="text" value="0,6250"/>	ratio
3 - 4:	<input type="text" value="1,0000"/>	ratio	11 - 12:	<input type="text" value="0,6250"/>	ratio	19 - 20:	<input type="text" value="0,6250"/>	ratio
4 - 5:	<input type="text" value="1,0000"/>	ratio	12 - 13:	<input type="text" value="0,6250"/>	ratio	20 - 21:	<input type="text" value="0,6250"/>	ratio
5 - 6:	<input type="text" value="1,0000"/>	ratio	13 - 14:	<input type="text" value="0,6250"/>	ratio	21 - 22:	<input type="text" value="0,6250"/>	ratio
6 - 7:	<input type="text" value="1,0000"/>	ratio	14 - 15:	<input type="text" value="0,6250"/>	ratio	22 - 23:	<input type="text" value="1,0000"/>	ratio
7 - 8:	<input type="text" value="1,0000"/>	ratio	15 - 16:	<input type="text" value="0,6250"/>	ratio	23 - 24:	<input type="text" value="1,0000"/>	ratio

Figura 99. Calener GT. Horario diario modificado para Infiltraciones

## F. ILUMINACIÓN

En la *pestaña de iluminación* de los espacios, también se conserven los valores de *potencia por área*, *VEEI* calculado y *VEEI* límite del CTE, definidos en *LIDER-Calener VyP*.

Iluminación artificial

Horario:

Potencia/Área:  W/m<sup>2</sup>

Tipo de luminaria:

Valor de eficiencia energética (VEEI):  W/m<sup>2</sup>·100lux

Valor de eficiencia energética (VEEI) Límite:  W/m<sup>2</sup>·100lux

Figura 100. Calener GT. Datos pestaña Iluminación Artificial

En este caso se ha modificado el **horario de iluminación artificial**. Para ello se ha tenido en cuenta el uso, la ocupación de las aulas por personas y la iluminación natural. Por tanto, se han definido *diferentes horarios de iluminación*, distinguiendo entre *aulas* y

*despachos* y además considerando tres **periodos anuales**, de docencia, de fechas de exámenes y de evaluación, donde el uso del edificio varía significativamente.

Nombre:

Tipo:

Periodos con diferentes horarios semanales (el 1er periodo comienza el 01/01)

	Hasta el día	Hasta el mes	Horario Semanal
1	9	1	Ilum-Festivo
2	25	1	Ilum-ExamA
3	16	4	Sem-Docen-ilum
4	28	4	Ilum-Festivo
5	30	4	Sem-Docen-ilum
6	2	5	Ilum-Festivo
7	29	5	Sem-Docen-ilum
8	14	6	Ilum-ExamA
9	25	6	Ilum-EvalA
10	12	7	Ilum-ExamA
11	25	7	Ilum-EvalA
12	1	9	Ilum-Festivo
13	20	12	Sem-Docen-ilum
14	31	12	Ilum-Festivo

Figura 101. Calener GT. Horario anual de Iluminación

En las **aulas**, en las primeras horas, se ha considerado que las luces están encendidas 1/3 aprox. entre las 11 y las 13 horas la mitad aprox. porque se ha considerado que es cuando más ocupado está el edificio y suele encenderse la luz, aunque entre el sol en una parte de las aulas.

Entre las 13 y 14 horas se ha reducido a 1/3 aprox. otra vez, porque se reduce el uso del edificio y el sol ilumina fuerte. Entre las 14 y 16 horas se ha considerado el mínimo de iluminación artificial, en valor 0,05 porque entre las 14 y 15 horas es horario de comida; y entre las 15 y 16 horas el sol ilumina suficiente las aulas, que a veces incluso molesta para visualizar las diapositivas del proyector.

Entre las 16 y 21 horas se considera el mayor uso de iluminación artificial, porque en ese rango horario suele siempre estar encendida la luz, porque el sol se sitúa hacia el Oeste, la luz entra más inclinada a través de las ventanas y no ilumina suficientemente para trabajar dentro de los espacios del edificio. También gran parte de las aulas no recibe iluminación solar desde el Oeste, porque las ventanas en mayor parte están orientadas al Este o al Norte, y las aulas que tienen ventanas orientadas al Oeste, les genera sombra el aula de al lado.

En cuanto a los **despachos de los módulos de planta primera y segunda**, que están *orientados al Sur*, tienen la luz artificial encendida prácticamente todo el día, porque la iluminación natural que entra por la mañana y medio día no es suficiente para el trabajo.

Pero en cambio los coeficientes se consideran menores porque los despachos, que están agrupados en dos grupos por cada planta, no se habitan continuamente y su uso es muy variable. También se observa que su uso en general, está más concentrado entre la mañana y media tarde.

Cuando se enciende la luz en los despachos, suele ser *todo encendido o nada*, aunque por otro lado en cuanto al *uso horario de los despachos* es muy variable, pues cada profesor o investigador tiene sus propios horarios, y mientras están impartiendo clase, se puede suponer que la luz de su despacho está apagada.

Nombre:

Tipo:

Valores Horarios

0 - 1:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	8 - 9:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio	16 - 17:	<input type="text" value="0,7500"/>	ratio
1 - 2:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	9 - 10:	<input type="text" value="0,3000"/>	ratio	17 - 18:	<input type="text" value="0,7500"/>	ratio
2 - 3:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	10 - 11:	<input type="text" value="0,3000"/>	ratio	18 - 19:	<input type="text" value="0,7500"/>	ratio
3 - 4:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	11 - 12:	<input type="text" value="0,5000"/>	ratio	19 - 20:	<input type="text" value="0,7500"/>	ratio
4 - 5:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	12 - 13:	<input type="text" value="0,5000"/>	ratio	20 - 21:	<input type="text" value="0,7500"/>	ratio
5 - 6:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	13 - 14:	<input type="text" value="0,3000"/>	ratio	21 - 22:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio
6 - 7:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	14 - 15:	<input type="text" value="0,0500"/>	ratio	22 - 23:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
7 - 8:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	15 - 16:	<input type="text" value="0,0500"/>	ratio	23 - 24:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio

Figura 102. Calener GT. Horario diario modificado para Iluminación de Aulas

Figura 10.2.1: Definición de los valores horarios modificados para la definición de ratios

Nombre:

Tipo:

Valores Horarios

0 - 1:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	8 - 9:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio	16 - 17:	<input type="text" value="0,3000"/>	ratio
1 - 2:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	9 - 10:	<input type="text" value="0,3000"/>	ratio	17 - 18:	<input type="text" value="0,3000"/>	ratio
2 - 3:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	10 - 11:	<input type="text" value="0,3000"/>	ratio	18 - 19:	<input type="text" value="0,3000"/>	ratio
3 - 4:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	11 - 12:	<input type="text" value="0,3000"/>	ratio	19 - 20:	<input type="text" value="0,3000"/>	ratio
4 - 5:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	12 - 13:	<input type="text" value="0,3000"/>	ratio	20 - 21:	<input type="text" value="0,2000"/>	ratio
5 - 6:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	13 - 14:	<input type="text" value="0,3000"/>	ratio	21 - 22:	<input type="text" value="0,0500"/>	ratio
6 - 7:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	14 - 15:	<input type="text" value="0,0500"/>	ratio	22 - 23:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
7 - 8:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	15 - 16:	<input type="text" value="0,0500"/>	ratio	23 - 24:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio

Figura 103. Calener GT. Horario diario para Iluminación de Despachos



ANEXO D. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO EN CALENER GT PARA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

Nombre:

Tipo:

Valores Horarios

0 - 1:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	8 - 9:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	16 - 17:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio
1 - 2:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	9 - 10:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio	17 - 18:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio
2 - 3:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	10 - 11:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio	18 - 19:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio
3 - 4:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	11 - 12:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio	19 - 20:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio
4 - 5:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	12 - 13:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio	20 - 21:	<input type="text" value="0,0500"/>	ratio
5 - 6:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	13 - 14:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio	21 - 22:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
6 - 7:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	14 - 15:	<input type="text" value="0,0500"/>	ratio	22 - 23:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
7 - 8:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	15 - 16:	<input type="text" value="0,0500"/>	ratio	23 - 24:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio

Figura 104. Calener GT. Horario diario para Iluminación de Aulas en periodo de Evaluación

Nombre:

Tipo:

Valores Horarios

0 - 1:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	8 - 9:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio	16 - 17:	<input type="text" value="0,5000"/>	ratio
1 - 2:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	9 - 10:	<input type="text" value="0,5000"/>	ratio	17 - 18:	<input type="text" value="0,5000"/>	ratio
2 - 3:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	10 - 11:	<input type="text" value="0,5000"/>	ratio	18 - 19:	<input type="text" value="0,5000"/>	ratio
3 - 4:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	11 - 12:	<input type="text" value="0,5000"/>	ratio	19 - 20:	<input type="text" value="0,5000"/>	ratio
4 - 5:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	12 - 13:	<input type="text" value="0,5000"/>	ratio	20 - 21:	<input type="text" value="0,2000"/>	ratio
5 - 6:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	13 - 14:	<input type="text" value="0,5000"/>	ratio	21 - 22:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio
6 - 7:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	14 - 15:	<input type="text" value="0,2000"/>	ratio	22 - 23:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
7 - 8:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	15 - 16:	<input type="text" value="0,2000"/>	ratio	23 - 24:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio

Figura 105. Calener GT. Horario diario para Iluminación de Despachos en periodo de Evaluación

Nombre:

Tipo:

Valores Horarios

0 - 1:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	8 - 9:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio	16 - 17:	<input type="text" value="0,4000"/>	ratio
1 - 2:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	9 - 10:	<input type="text" value="0,3000"/>	ratio	17 - 18:	<input type="text" value="0,4000"/>	ratio
2 - 3:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	10 - 11:	<input type="text" value="0,3000"/>	ratio	18 - 19:	<input type="text" value="0,4000"/>	ratio
3 - 4:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	11 - 12:	<input type="text" value="0,3000"/>	ratio	19 - 20:	<input type="text" value="0,4000"/>	ratio
4 - 5:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	12 - 13:	<input type="text" value="0,3000"/>	ratio	20 - 21:	<input type="text" value="0,2000"/>	ratio
5 - 6:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	13 - 14:	<input type="text" value="0,3000"/>	ratio	21 - 22:	<input type="text" value="0,0500"/>	ratio
6 - 7:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	14 - 15:	<input type="text" value="0,0500"/>	ratio	22 - 23:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
7 - 8:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	15 - 16:	<input type="text" value="0,0500"/>	ratio	23 - 24:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio

Figura 106. Calener GT. Horario diario para Iluminación de Aulas en periodo de Exámenes

Nombre:

Tipo:

Valores Horarios

0 - 1:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	8 - 9:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio	16 - 17:	<input type="text" value="0,4000"/>	ratio
1 - 2:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	9 - 10:	<input type="text" value="0,4000"/>	ratio	17 - 18:	<input type="text" value="0,4000"/>	ratio
2 - 3:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	10 - 11:	<input type="text" value="0,4000"/>	ratio	18 - 19:	<input type="text" value="0,4000"/>	ratio
3 - 4:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	11 - 12:	<input type="text" value="0,4000"/>	ratio	19 - 20:	<input type="text" value="0,4000"/>	ratio
4 - 5:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	12 - 13:	<input type="text" value="0,4000"/>	ratio	20 - 21:	<input type="text" value="0,2000"/>	ratio
5 - 6:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	13 - 14:	<input type="text" value="0,4000"/>	ratio	21 - 22:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio
6 - 7:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	14 - 15:	<input type="text" value="0,2000"/>	ratio	22 - 23:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
7 - 8:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	15 - 16:	<input type="text" value="0,2000"/>	ratio	23 - 24:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio

Figura 107. Calener GT. Horario diario para Iluminación de Despachos en periodo de Exámenes

### ANEXO D.2.3. VENTANAS Y PUERTAS

Como se ha indicado anteriormente en el apartado de *Base de datos* para ventanas en *LIDER*, pese haberse definido para cada ventana **elemento de protección de sombra** como *lamas horizontales* con dimensiones, ángulo de inclinación y propiedades ópticas, tras exportar de *LIDER* a *Calener GT*, sólo se conserva el retranqueo de las puertas y ventanas.

Figura 108. Calener GT. Propiedades de ventanas por defecto

Por defecto, *Calener GT* asigna a las ventanas una *permeabilidad a las infiltraciones de aire*, el valor 50.

Figura 109. Calener GT. Propiedades ventanas modificadas

En este caso se modifica el valor de permeabilidad al aire de cada ventana y puerta manualmente, a través de la lista numerada en forma de tabla de propiedades editables de todas las ventanas y puertas del edificio.

Otro dato importante a modificar es el **horario de ganancia solar**, que aparece como en un apartado llamado dispositivos de sombra móviles. Por defecto aparece en horario llamado *Sin persiana/ cortina*, que tiene valor horario 1, *tipo fracción*, para las 24 horas.

Como en *Calener GT* no existe la opción de **lamas horizontales**, como en *LIDER* y *Calener VyP*, la opción que permite *Calener GT*, es asignar un horario de forma que si se indica valor cero, la ventana no recibe radiación solar, y si el valor es 1, penetra el sol por toda su superficie de la ventana.

Para ello, se ha hecho un cálculo de superficie estimada que permite el paso del sol a través de las ventanas. En principio las *lamas horizontales* están situadas a un metro de altura sobre el suelo, y la altura total que permite que el sol se proyecte en el interior con las lamas giradas por lo general a 70 grados sobre la horizontal, se ha calculado aprox. 30 centímetros más de altura.

Es decir, para el horario creado llamado ***Lamas horizontales***, se le ha asignado para todas las horas del día, un **valor de 0.4**, que resulta de dividir 1 metro de altura libre de lamas mas 30 centímetros, entre la altura total de las ventanas, de 3,22 metros.

Esta operación significa que si las lamas horizontales estuvieran cerradas a 90 grados, el valor mínimo de abertura de las ventanas a la radiación solar sería de 0.31 y máximo 0.84, 0.75, porque proyectan sombra aunque estuvieran completamente abiertas.

Para los ***muro cortina*** de los módulos 2 y 3, se ha creado otro horario llamado ***Cortinas Muro Cortina***, en el que se asigna un **coeficiente de 0.8** para todas las horas, es decir, se estima que las cortinas de los módulos evitan un 20 % aprox. del paso de la radiación solar directa. En el módulo 1 no existen cortinas en los pasillos, por tanto, se indica por defecto el horario llamado *Sin persiana/ cortina*, que siempre tiene valor 1.

#### ANEXO D.2.4. ELEMENTOS DE SOMBREAMIENTO

En *Calener GT* sólo se permite introducir **33 elementos de sombreadimiento**, por tanto, al exportar de *LIDER o Calener VyP a Calener GT*, se observa que no aparecen todas las sombras definidas anteriormente, porque exporta las primeras de la lista según el orden que tenga el fichero *de LIDER o Calener VyP*.

Para solucionarlo, se han seleccionado las 33 *los elementos de sombra* imprescindibles manualmente, definidos en la estructura interna del *fichero .cte de LIDER*, e insertados posteriormente en la estructura interna del *fichero \*.INP de Calener GT*.

En este caso, la estructura de *las sombras* en ambos programas es casi idéntica, la diferencia es que en *Calener GT* se añade además una línea de información en la estructura del fichero, antes de sus propiedades geométricas, "*nombre de la sombra*" = *FIXED-SHADE*, que también se ha editado manualmente.

## ANEXO D.3. SUBSISTEMAS PRIMARIOS

En esta pestaña de *Calener GT* se definen todas las *instalaciones de climatización* del edificio, que consta de *bombas de calor aire-agua condensada por aire y con fan-coils* en todos los espacios habitables del edificio. **No dispone de ACS.**

### ANEXO D.3.1. BOMBAS DE RECIRCULACIÓN

El **caudal y potencia** de las bombas de *recirculación*, se ha definido según la descripción del presupuesto del proyecto original. Para ello, se ha definido una *altura manométrica*, tal que la potencia que aparece en las *propiedades de la bomba recirculadora*, sea la misma que la indicada en proyecto.

Hay un *circuito hidráulico independiente* para los *despachos de planta primera y segunda* por cada módulo. En el módulo 3, sólo hay un *circuito hidráulico*, para despachos. En total existen **siete bombas recirculadoras**, una por cada bomba de calor.

El módulo 1 y 2, hay un circuito hidráulico que da servicio a las aulas, de planta baja y sótano, alimentados por **dos bombas de calor sobre la cubierta de cada módulo**. En estos dos circuitos por tanto hay dos tipos de bombas recirculadoras acopladas a su respectiva bomba de calor. Es decir, hay una bomba de salida y otra de retorno, la primera se asigna a la bomba de calor principal y la segunda se asigna al circuito hidráulico primario.

Nombre:	M1D Bomba Recirculacion	
Caudal:	27.560	l/h
Altura:	22,7	m
Potencia:	2,81	kW
Número de bombas:	2	
Rendimiento del motor:	0,80	ratio
Rendimiento mecánico:	0,77	ratio
Tipo de control:	Velocidad variable	

Figura 110. Calener GT. Propiedades bomba de recirculación circuito despachos Módulo 1

### ANEXO D.3.2. CIRCUITOS HIDRÁULICOS

Para este tipo de instalación, el circuito hidráulico es de tipo ***Dos tubos***, que según *Calener GT*, es aquel circuito que unas veces transporta agua fría y otras caliente, pero nunca puede abastecer simultáneamente el servicio de refrigeración y el de calefacción; es decir, el ***circuito hidráulico a Dos tubos***, no tiene capacidad para atender una *inversión térmica simultánea*, aunque los receptores térmicos (fan-coils) puedan recibir en cualquier instante agua fría o caliente. (24 pág. 37)<sup>39</sup>

Esta afirmación parece dudosa cuando se efectúa el cálculo con un método de operación del circuito hidráulico, llamado *Cambio estacional por temperatura*, porque se comprueba que en los resultados de cálculo mensual de consumos y emisiones, existe consumo en calefacción y refrigeración simultáneamente para la mayoría de meses del año, hasta en agosto; con lo cual la calificación energética no es ajustada a la realidad, porque la inversión del sistema de bombas de calor la realiza un *frigorista*, cuando se le avisa de que ya hace frío o calor en las aulas, según la época del año.

Por tanto como, en este tipo de cálculo se deja libre el funcionamiento de climatización, según las condiciones de temperatura externa de la zona climática para cada fecha del año, por lo que en una parte del mes hay demanda de calefacción y otra parte del mismo mes de refrigeración.

Por estos motivos, el modo de operación considerado correcto es el de ***disponibilidad en función de horario***, porque los consumos se ajustan al del uso anual de la climatización del edificio. Para ello se modifica el *horario anual de disponibilidad para calefacción y refrigeración*, en la pestaña ***Control*** de los *sistemas hidráulicos primarios*.

En el *horario anual de refrigeración y calefacción*, se ha excluido el mes de Agosto y los periodos festivos. Los *horarios semanales* de disponibilidad son de lunes a viernes. Los *horarios diarios* de funcionamiento de las bombas de calor reversibles son tipo Todo/Nada, ya que los equipos no disponen de ese tipo de control, es decir, si hay demanda en cualquier fan-coil de las aulas del circuito hidráulico, las bombas de calor del circuito estarán en funcionamiento. Se ha indicado que funciona desde las 8 de la mañana hasta las 10 de la noche en el horario diario de disponibilidad de calefacción como de refrigeración.

---

<sup>39</sup> IDAE Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. CALENER-GT: Grandes Edificios Terciarios. Manual Técnico, 2009.

ANEXO D. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO EN CALENER GT PARA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

Nombre:  Tipo:

	Hasta el día	Hasta el mes	Horario Semanal
1	7	1	Sem-NoDisp
2	28	4	Sem-NoDisp
3	30	4	Sem-Disp
4	2	5	Sem-NoDisp
5	25	7	Sem-Disp
6	31	8	Sem-NoDisp
7	20	10	Sem-Disp
8	31	12	Sem-NoDisp

Figura 111. Calener GT. Horario disponibilidad refrigeración

Nombre:  Tipo:

	Hasta el día	Hasta el mes	Horario Semanal
1	7	1	Sem-NoDisp
2	16	4	Sem-Disp
3	28	4	Sem-NoDisp
4	31	8	Sem-NoDisp
5	20	10	Sem-NoDisp
6	20	12	Sem-Disp
7	31	12	Sem-NoDisp

Figura 112. Calener GT. Horario disponibilidad calefacción

Nombre:  Tipo:

Valores Horarios

0 - 1:	<input type="text" value="0"/>	8 - 9:	<input type="text" value="1"/>	16 - 17:	<input type="text" value="1"/>
1 - 2:	<input type="text" value="0"/>	9 - 10:	<input type="text" value="1"/>	17 - 18:	<input type="text" value="1"/>
2 - 3:	<input type="text" value="0"/>	10 - 11:	<input type="text" value="1"/>	18 - 19:	<input type="text" value="1"/>
3 - 4:	<input type="text" value="0"/>	11 - 12:	<input type="text" value="1"/>	19 - 20:	<input type="text" value="1"/>
4 - 5:	<input type="text" value="0"/>	12 - 13:	<input type="text" value="1"/>	20 - 21:	<input type="text" value="1"/>
5 - 6:	<input type="text" value="0"/>	13 - 14:	<input type="text" value="1"/>	21 - 22:	<input type="text" value="1"/>
6 - 7:	<input type="text" value="0"/>	14 - 15:	<input type="text" value="1"/>	22 - 23:	<input type="text" value="0"/>
7 - 8:	<input type="text" value="0"/>	15 - 16:	<input type="text" value="1"/>	23 - 24:	<input type="text" value="0"/>

Figura 113. Calener GT. Horario diario de disponibilidad climatización

Nombre:

Tipo circuito:

Subtipo:

Circuito primario:

Bomba circuito:

Caudal recirculado:  l/h

Porcentaje caudal primario:  %

Salto Tª diseño:  °C

Figura 114. Calener GT. Propiedades circuito hidráulico primario despachos módulo 1

Se crea un **circuito hidráulico primario** por cada circuito independiente del edificio, al cual se le puede asignar una bomba recirculadora. En este caso, los circuitos de aulas sí llevan asignados una bomba de recirculación, y en los despachos sólo se le asigna en la **bomba de calor**.

El **caudal recirculado por el circuito hidráulico primario** no se ha considerado el mismo que la **bomba recirculadora** de cada circuito, sino el sumatorio de **caudal de agua** de cada *fan-coil*, indicado según el fabricante, cuyo sumatorio total es ligeramente superior al caudal de la bomba recirculadora.

Por otra parte, se crean **circuitos hidráulicos secundarios** que corresponden a las ramificaciones de la instalación por plantas y direcciones. En los módulos hay circuito secundario por cada zona, en las plantas baja y sótano hay dos por planta, según el



*esquema hidráulico de la instalación de climatización del proyecto original*, que se adjunta en el ANEXO A.2. Planos de proyecto del Edificio EPS IV.

El **caudal recirculado** asignado a cada **circuito hidráulico secundario**, se ha considerado igual que en el circuito primario, como el sumatorio de caudales de agua de los fan-coils de cada circuito secundario.

En primer lugar se pensó calcular el caudal de agua recirculado, proporcional al *caudal de aire de los fan-coils* que hay en cada circuito hidráulico secundario, siendo el total de caudal recirculado, el correspondiente a la *bomba de recirculación* que existe en cada *circuito hidráulico primario*. Finalmente se ha descartado esta opción porque parece suponer un consumo de climatización menor.

Figura 115. Calener GT. Control temperatura de circuito hidráulico primario

En cuanto al *control de temperaturas* de los circuitos hidráulicos, el **salto de temperatura de diseño**, que aparece en la *pestaña Parámetros del circuito hidráulico*, es de **5 °C**, porque según el fabricante de las *bombas de calor*, en invierno se **impulsa el agua a 45°C** y retorna a 40°C, y en verano se **impulsa a 7°C** y retorna a 12°C.

En la pestaña **Control** del circuito primario, se selecciona *tipo de control de temperatura de agua Fijo*, para el agua de calefacción y refrigeración que sale de la bomba de calor reversible, cuya **temperatura de consigna** de control es la temperatura del agua de impulsión para calefacción (invierno: 45°C) y refrigeración (verano: 7°C).

En este caso sólo requiere modificarse la *temperatura de consigna de calefacción*, porque por defecto es de 80°C. Este simple cambio de temperatura varía considerablemente los cálculos de los *consumos energéticos eléctricos* del edificio.

La **temperatura de cambio estacional** se sabe que en España puede variar entre 15 y 20 grados centígrados aprox., y que a efectos prácticos viene a ser la temperatura media exterior de la localidad del edificio cuando en los meses en los que se invierte el

sistema de bombas de calor reversibles para cambiar de refrigeración a calefacción o viceversa.

La calefacción suele ponerse entre la segunda y tercera semana de Octubre, y la refrigeración a finales de Marzo o primeros de Abril, por tanto según la tabla climática de *San Vicente del Raspeig*, provincia de Alicante, se observa que entre esas fechas la temperatura ronda 19 °C.

Figura 116. Tabla Climática de San Vicente del Raspeig

month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
mm	22	27	25	34	30	20	5	10	41	65	43	33
°C	10.5	11.5	13.6	15.7	18.7	22.5	25.3	25.8	23.3	19.0	15.0	11.9
°C (min)	5.6	6.2	8.0	10.3	13.2	16.9	19.6	20.3	17.8	13.9	10.0	7.1
°C (max)	15.5	16.8	19.2	21.1	24.2	28.2	31.1	31.4	28.9	24.2	20.1	16.8
°F	50.9	52.7	56.5	60.3	65.7	72.5	77.5	78.4	73.9	66.2	59.0	53.4
°F (min)	42.1	43.2	46.4	50.5	55.8	62.4	67.3	68.5	64.0	57.0	50.0	44.8
°F (max)	59.9	62.2	66.6	70.0	75.6	82.8	88.0	88.5	84.0	75.6	68.2	62.2

Fuente: climate-data.org

Esta temperatura se mide por una sonda exterior al edificio, de forma que a efectos de cálculo, por debajo de la temperatura indicada la instalación estaría en *modo calefacción* y por encima a *modo refrigeración*. (25 pág. 181)<sup>40</sup>

<sup>40</sup> IDAE Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. CALENER-GT: Grandes edificios terciarios. Manual de Referencia, 2009.

### ANEXO D.3.3. BOMBAS DE CALOR. PLANTAS ENFRIADORAS

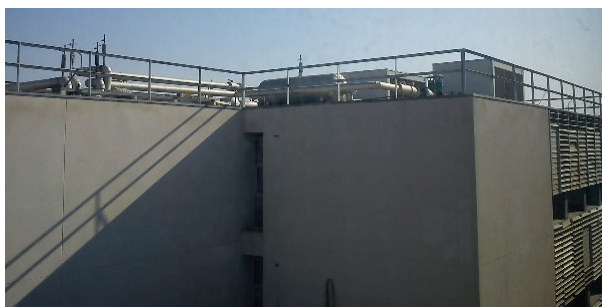
En *Calener GT* la bomba de calor aire-agua reversible, se define como **planta enfriadora** tipo **Bomba de calor 2T**, que según la definición del *Manual de Referencia de Calener GT* (25 pág. 191)<sup>41</sup>, es una *Planta enfriadora* de compresión mecánica eléctrica reversible que conecta a un *circuito hidráulico a dos tubos*, suministrando en algunas ocasiones agua fría y en otras, agua caliente. Por tanto, la bomba de calor genera frío y calor según el mes del año mediante consumo de **energía eléctrica**.

Según *proyecto original*, el edificio sólo consta de *dos bombas de calor aire-agua muy potentes en torno a 320 kW* de potencia cada una, situados en la cubierta de los módulos 1, 2 y 3.

Esta incoherencia con la instalación actual del edificio, así como los tipos de *fan-coils* instalados, han supuesto una pérdida importante de tiempo para el desarrollo del proyecto, pues se tardó dos meses en recibir la información tras solicitar a la **Oficina Técnica de la Universidad**, a la *Arquitecta Lola Alonso Vera* autora del edificio y al *Ayuntamiento de San Vicente del Raspeig*, y que finalmente se ha obtenido a través del **servicio de Mantenimiento de la Universidad** tras insistir numerosas veces personalmente.

Existen dos modelos de bomba de calor, *tipo TRANE CGAH 240 y CGAH 250*.

Actualmente el fabricante no dispone del catálogo de las bombas de calor instaladas en el edificio, dispone otros modelos de bombas de calor, con la diferencia que le han cambiado brevemente el nombre y el tipo de líquido refrigerante.



Fotografía 26. Climatizadores bomba de calor aire-agua en cubierta Módulo 1

El modelo existente en el edificio tiene un **refrigerante tipo R22** y el del fabricante actual es tipo R407C, con lo cual, el *modelo CGAH 240* correspondería según potencias y rendimiento aprox. a un modelo actual superior, como si fuera el *modelo CGAH 250*

<sup>41</sup> IDAE Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. CALENER-GT: Grandes Edificios Terciarios. Manual de Referencia, 2009.

actual según su denominación de producto. Se adjunta los datos del fabricante en el ANEXO A.3. Características técnicas instalaciones Climatización.

Nombre: M1-BC AIRE-AGUA: TRANE CGAH 240		Nombre: M1-BC AIRE-AGUA: TRANE CGAH 250	
Tipo: Bomba de calor 2T		Tipo: Bomba de calor 2T	
<b>General</b>		<b>General</b>	
Capacidad nominal refrigeración:	132,00 kW	Capacidad nominal refrigeración:	162,00 kW
Capacidad nominal calefacción:	135,00 kW	Capacidad nominal calefacción:	165,00 kW
EER (electricidad):	2,91	EER (electricidad):	3,23
COP (electricidad):	2,98	COP (electricidad):	3,29
EER (térmico):	n/a	EER (térmico):	n/a
Temperatura de consigna:	7,0 °C	Temperatura de consigna:	7,0 °C
Tipo de combustible:	n/a	Tipo de combustible:	n/a
<b>Condensador</b>		<b>Condensador</b>	
Tipo condensación:	Por aire	Tipo condensación:	Por aire
Fracción consumo térmico:	n/a ratio	Fracción consumo térmico:	n/a ratio

Figura 117. Calener GT. Propiedades por tipo de Bomba de Calor aire-agua del edificio

Por tanto, en *Calener GT* se crean las bombas de calor aire-agua como plantas enfriadoras a dos tubos 2T y condensadas por aire, con las potencias y rendimientos correspondientes.

En el circuito de aulas existen *dos bombas de calor en serie*, por lo que la primera bomba de calor asignada en el circuito hidráulico primario funciona como máquina principal, y la segunda, que se añade a la izquierda en el esquema gráfico de *Calener GT*, funciona como máquina de apoyo o secundaria. Esto significa que la primera bomba de calor funcionará casi siempre al máximo, y la segunda, cuando la demanda supere a capacidad de la primera bomba de calor. Se puede consultar el cálculo de rangos de uso y consumos de cada bomba de calor en el fichero *\*usu.SIM* que se genera al calcular.

## ANEXO D.4. SUBSISTEMAS SECUNDARIOS

En esta pestaña del programa se definen los fan-coils correspondientes a todas las zonas acondicionadas del edificio. Las zonas no habitables se asignan en un sistema cualquiera, porque el programa lo requiere para el cálculo, aunque no computen en el cálculo de consumos y emisiones de CO<sub>2</sub>.

### ANEXO D.4.1. VENTILOCONVECTORES. FAN-COILS

El edificio tiene fan-coils en todos los espacios habitables. En los módulos hay un tipo de fan-coil por cada despacho. En secretaría de los módulos otro tipo, de techo. En las aulas otro fan-coil de distinto fabricante.



Fotografía 27. Fan-coil Despachos Módulos

Según el proyecto original sólo en la planta sótano hay 50 UTAs, *Unidades de Tratamiento de Aire*, de diferentes modelos, con un código de referencia que aparece en los planos de planta de climatización, que se adjuntan en el **ANEXO A.3. Características técnicas instalaciones Climatización**.

En cambio, según la lista de máquinas de climatización de la instalación actual del edificio, se ha reducido el número de fan-coils, siendo un fan-coil por cada aula o espacio habitable, con una potencia superior, pero que iguala aprox. la suma de potencias de los dos fan-coils por aula que indica el proyecto original.

Por otro lado, el trazado de la instalación de climatización es diferente al del proyecto porque la instalación actual dispone de rejillas de impulsión horizontal dispuestas en una sola línea bajo el techo de la pared opuesta a la pizarra de las aulas, que a diferencia del proyecto, hay difusores verticales de techo distribuidos por la superficie de las aulas, con dos conductos de distribución, en vez de uno, como se puede comprobar en los planos de climatización.

Para definir los fan-coils en *Calener GT* se ha hecho un cálculo de potencias y caudales de aire y agua por cada espacio. Se ha tomado como referencia las potencias de los modelos del proyecto original de las *UTA*, porque no se pudo conseguir las

especificaciones técnicas inicialmente de los fan-coils instalados actualmente en el edificio.

Es decir, se da por supuesto que si en proyecto original hay dos *UTA* por aula, y actualmente sólo existe un fan-coil en sustitución a los *UTA* de cada aula, las potencias y caudales de aire de los fan-coil deben ser iguales o ligeramente superiores a los especificados en proyecto.

Para ello se ha seleccionado el catálogo de *UTA* del fabricante *CHI*, especificado en el proyecto, y se ha asignado una sola *UTA* por cada aula o espacio con este tipo de instalación, de forma que la *UTA* seleccionada tiene la potencia y caudal de aire más aproximados a la especificación descrita en el presupuesto del proyecto del edificio, detallado en el **ANEXO A.1. Descripción material del proyecto del edificio**.

Con cada *UTA* seleccionada, se considera el caudal de impulsión de aire y las potencias de frío y de calor, como si de las características de los fan-coil se tratara, pero cuyos valores se multiplican por dos y se compara su aproximación con el proyecto.

Lamentablemente tres meses después de realizar el cálculo en *Calener GT* se recibe el catálogo de especificaciones técnicas de los ***fan-coil*** existentes en el edificio y se comprueba que los *fan-coil tipo VCA-35, VCA-25* del fabricante *Otedisa*, disponen de unas potencias que suelen superar las potencias indicadas en proyecto para cada aula, pero en muchos casos el ***caudal de impulsión de aire*** es aprox. 1/3 inferior al caudal de impulsión que generarían las dos *UTAs* de cada aula.

Se ha descartado esta información porque no se puede verificar físicamente la instalación de climatización existente, y porque suponer un menor caudal de aire de impulsión o potencias, reduciría los resultados de cálculo de consumo eléctrico y puede que comparativamente mejore la calificación energética en climatización.

En los despachos, existe otro tipo de fan-coil de otro fabricante, se multiplica el valor de un *fan-coil* por el número de despachos que están agrupados en el mismo espacio acondicionado simplificado en el modelo geométrico.

En la zona de secretaría de los módulos, existen fan-coils de techo, pero no están contemplados en la lista de maquinaria de climatización del edificio proporcionada por el *servicio de mantenimiento* de la Universidad de Alicante.



Nombre: Ventiladores

Tipo: Todo/nada

	Hasta el día	Hasta el mes	Horario Semanal
1	9	1	Sem-NoDisp
2	25	1	Sem-Disp
3	16	4	Sem-Disp
4	28	4	Sem-NoDisp
5	30	4	Sem-Disp
6	2	5	Sem-NoDisp
7	29	5	Sem-Disp
8	14	6	Sem-Disp
9	25	6	Sem-Disp
10	12	7	Sem-Disp
11	25	7	Sem-Disp
12	31	8	Sem-NoDisp
13	8	9	Sem-Disp
14	20	12	Sem-Disp
15	31	12	Sem-NoDisp

Figura 118. Calener GT. Horario anual de ventiladores de impulsión fan-coil

Horario de disponibilidad

Refrigeración: Horario-disp-frio

Calefacción: Horario-disp-calor

Temperatura Impulsión

Mínima: 15,0 °C

Máxima: 30,0 °C

Figura 119. Calener GT. Horarios de control de disponibilidad de calefacción y refrigeración

En proyecto original se indica existen cuatro fan-coils murales situados cerca de las ventanas, distribuidos en un solo espacio diáfano, sin distribución interior de despachos.

Por ello, observando la distribución interior, se estima que existe al menos un fan-coil por despacho, en torno a seis en cada zona de los módulos de planta primera y segunda, de mismas características técnicas que los despachos.

Además de las especificaciones de potencias en calefacción y refrigeración de los fan-coil, es de gran importancia para el cálculo, definir un **horario** para el **ventilador** de impulsión de los fan-coil y su caudal correspondiente, y además definir **horarios de disponibilidad de calefacción y refrigeración** para su **control**.

El *horario del ventilador* predomina sobre el *horario de disponibilidad*, es decir, cuando el horario del ventilador no funciona, no estará disponible la calefacción y refrigeración. El *horario de disponibilidad* limita los periodos anuales en los que el fan-coil funciona en modo calefacción o refrigeración.

El horario de ventiladores se define por el calendario anual de la universidad, en el que los horarios semanales son laborales o festivos, los mismos utilizados en el horario de los *circuitos hidráulicos primarios*, con horarios diarios tipo *todo/nada*.

Es decir, los *ventiladores* de los fan-coil funcionan entre las 8 y 22 horas, y el funcionamiento de su batería es en *modo frío o calor*, según el *horario de disponibilidad de refrigeración y calefacción*, definido en la pestaña *Control* de *Calener GT*.

El *horario de disponibilidad* definido es el mismo que en el *control del circuito hidráulico primario*. La *temperatura de impulsión* puede variar entre 15 y 30 °C, según indica el *termostato* de control de temperatura de los *fan-coil*.

Estos horarios acotan mucho los consumos del edificio de referencia de cálculo, pues se ha observado que el edificio de referencia reduce drásticamente su consumo eléctrico anual y también el *edificio Objeto* de cálculo, con lo cual, si no se definen los horarios, es muy probable que tras el cálculo se obtenga una falsa calificación A en climatización, porque comparativamente el *edificio de Referencia* consume desproporcionadamente respecto al edificio Objeto.

#### ANEXO D.4.2. ZONAS

Las zonas son espacios correspondientes a un espacio geométrico del modelo del edificio, tanto acondicionados como no acondicionados, con la función de asignarle una máquina climatizadora, pues en *Calener GT* no puede haber ninguna zona del edificio sin asignar a un *subsistema secundario*. En cambio pueden existir varias zonas en un mismo espacio para poder asignarle un *subsistema secundario* de tipología diferente simultáneamente.

En este caso sólo existe una zona por cada espacio del edificio, y un fan-coil como subsistema secundario. Los espacios no habitables se asocian al último fan-coil creado en el programa, porque por defecto, al exportar de *LIDER* o *Calener VyP* a *Calener GT*, trae un subsistema secundario llamado *Borrar* que incluye todas las zonas del edificio, el cuál es necesario borrar para poder realizar el cálculo en el programa, después de asignar todas las zonas a un subsistema secundario diferente.

No importa en qué *subsistema secundario* se asignen las zonas de los espacios no acondicionados, pues no surte ningún efecto en el cálculo porque sólo se calculan los espacios acondicionados.

En cada zona se definen las *caudales de impulsión de aire* y *caudales de aire exterior*. El aire de impulsión definido es el correspondiente el caudal de aire de los fan-coils. En aulas, el *caudal de aire exterior* es el **caudal por persona**, calculad según *RITE*, cuyas renovaciones hora calcula automáticamente y coinciden con las que se calcularon manualmente para *LIDER* o *Calener VyP* anteriormente. En despachos de los módulos se introduce el **Caudal total**, porque ya se calculó previamente.

No dispone la instalación de *ventilador de extracción*, sólo aspira aire primario por una rejilla horizontal, situada en el falso techo del pasillo de cada aula, aproximadamente por el centro del muro exterior de cada aula, o sino cerca de la puerta de entrada para las aulas de las zonas Este y Oeste del edificio.

Aire impulsión		Aire exterior	
Diseño:	2.900 m <sup>3</sup> /h	Método de definición:	Caudal por persona
Fracción mínima:	n/a ratio	Caudal:	n/a m <sup>3</sup> /h
Ventilador de extracción		Caudal/Persona:	45,0 m <sup>3</sup> /h
¿Existe?	No	Renovaciones/hora:	3,34

Figura 120. Calener GT. Caudales de aire de impulsión y renovación de aire exterior del aula EP/S-01D

Refrigeración	
Potencia total:	16,66 kW
Potencia sensible:	10,48 kW
Caudal:	2.866 l/h
Calefacción	
Potencia:	24,40 kW
Caudal:	4.197 l/h

Figura 121. Calener GT. Potencias frío/calor del fan-coil aula EP/S-01D

Así mismo, en la *pestaña unidades terminales* de las zonas figuran las potencias en calefacción y refrigeración que se han definido previamente al crear los *fan-coils*.

## ANEXO D.5. ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN DEL EDIFICIO

Como se ha descrito anteriormente, hay un circuito hidráulico con dos bombas de calor aire-agua situado en el módulo 1 y 2, que dan servicio a la mitad de las aulas del edificio, tanto en planta baja como sótano.

Por otra parte hay un circuito hidráulico con una bomba de calor aire-agua que da servicio a los despachos de planta primera y segunda, situado en los tres módulos. Por tanto, el módulo 3, sólo dispone circuito hidráulico para despachos.

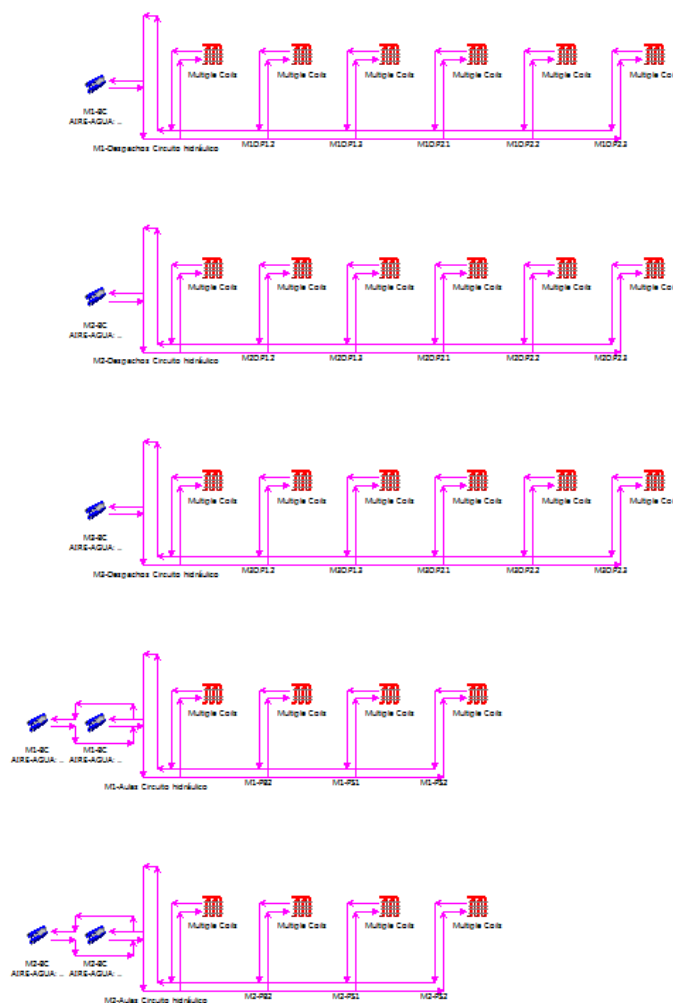


Figura 122. Calener GT. Esquema instalación de climatización del edificio

En los esquemas de *Calener GT*, se indica la planta enfriadora o bomba de calor a dos tubos a la izquierda, conectado a un circuito hidráulico a dos tubos, que conecta con varios grupos de fan-coils que se distribuyen en diversos circuitos hidráulicos secundarios, según el trazado de la instalación del edificio.

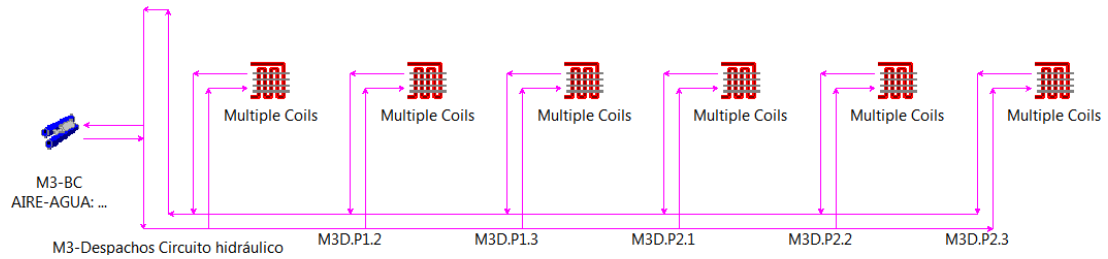


Figura 123. Calener GT. Esquema instalación de climatización de los despachos del módulo 3

Como se puede comprobar, en el circuito que da servicio a las aulas hay cuatro circuitos hidráulicos secundarios con diversos fan-coils en cada uno, y en los módulos hay seis, tres zonas independientes de despachos por planta.

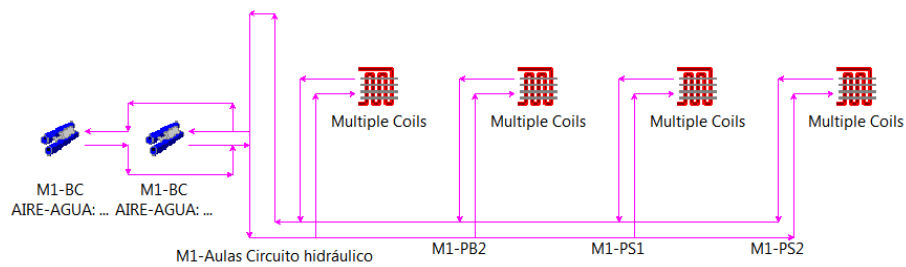


Figura 124. Calener GT. Esquema instalación de climatización de aulas del módulo 1

## ANEXO D.6. BASE DE DATOS DE CÁLCULO PARA CALENER GT

Para cada espacio en *Calener GT* se requiere indicar la ocupación en  $\text{m}^2/\text{persona}$  para hallar las cargas latentes y sensibles como variable de fuente de calor interna considerada en el cálculo de demandas térmicas del edificio. Se deriva de los cálculos de ocupación realizados previamente para *LIDER-Calener Vyp*.

También es necesario hallar previamente las potencias y caudales nominales de las unidades terminales, los *fan-coils*.

El estudio de la potencia y consumo de iluminación y equipamiento por superficie, aparece en el ANEXO F.1. Cálculo de consumos de iluminación y equipamiento del edificio.



### ANEXO D.6.1. RELACIÓN DE SUPERFICIE DE AULAS POR PERSONA

Tabla 83. Cálculo relación de superficie por persona en aulas

AULAS	Promedio personas	Aforo máx. alumnos	Ocupación	Superficie (m <sup>2</sup> )	m <sup>2</sup> /persona máx
EP/S-01D	34	84	40%	141,07	4,19
EP/S-02M	23	96	23%	141,07	6,26
EP/S-03D	27	84	33%	141,07	5,15
EP/S-04E	34	25	136%	146,86	4,33
EP/S-05D	14	48	29%	70,53	4,98
EP/S-06D	34	63	54%	176,87	5,19
EP/S-07D	21	63	33%	176,87	8,39
EP/S-08M	34	64	54%	103,68	3,01
EP/S-09G	38	112	34%	175,87	4,68
EP/S-10P	25	56	45%	87,93	3,47
EP/S-11P	24	56	43%	87,93	3,69
EP/S-12M	32	56	57%	87,93	2,73
EP/S-13I	20	48	42%	97,38	4,86
EP/S-14I	16	48	33%	66,31	4,19
EP/S-15M	26	56	46%	87,93	3,44
EP/O-16P	25	56	45%	87,93	3,49
EP/O-17D	28	44	64%	141,07	5,00
EP/O-18M	44	96	45%	141,07	3,23
EP/O-19D	33	44	76%	141,07	4,24
EP/O-20D	35	63	55%	176,87	5,06
EP/O-21E	33	112	29%	176,87	5,42
EP/O-22M	28	64	44%	103,68	3,66
EP/O-23G	38	112	34%	175,87	4,67
EP/O-24P	26	56	47%	87,93	3,35
EP/O-25M	28	56	50%	87,93	3,13
EP/O-26M	15	56	26%	87,93	5,98
EP/O-27I	14	48	29%	81,56	5,76
EP/O-28I	20	50	41%	82,13	4,03
EP/O-29I	18	50	36%	71,35	4,02
EP/O-30I	17	48	34%	68,40	4,13
<b>Promedio Aulas</b>	<b>27</b>	<b>64</b>	<b>45%</b>	<b>116,70</b>	<b>4,46</b>

Fuente: cálculos de elaboración propia a partir de base de datos de promedio de alumnos proporcionado por la Unidad Técnica de la Universidad de Alicante

ANEXO D. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO EN CALENER GT PARA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

Tabla 84. Cálculo relación de superficie por persona en salas, despachos y aseos

SALAS, LABORATORIOS PLANTA SÓTANO	Promedio personas	Aforo máx. alumnos	Ocupación	Superficie (m2)	m2/persona máx
Taller de Arquitectura (Pecera)	32	64	50%	111,67	3,49
Taller de Maquetas	2	3	67%	70,70	35,35
Salón de Actos	70	108	65%	126,56	1,81
Laboratorio Alan Turing	6	16	38%	82,75	13,79
Laboratorio Niklaus Wirth	6	16	38%	82,84	13,81
Sala Reuniones. Claude Shannon	12	21	57%	118,09	9,84
Almacén Topografía	2	3	67%	22,83	11,41
SALAS, LABORATORIOS PLANTA BAJA					
Laboratorio Técnico	6	12	50%	61,46	10,24
Laboratorio Investigación	6	12	50%	46,23	7,70
Sala de Reuniones	6	12	50%	48,12	8,02
Conserjería	2,5	3	83%	23,44	9,38
DESPACHOS					
Desp. Zona Oeste P1, P2 M1,2,3	8,0	3	33%	89,82	11,23
Desp. Z. Central P1, P2 M1,2,3	14,0	3	33%	159,55	11,40
Desp. Secretaria P1, P2 M1	11,0	3	33%	133,60	12,15
Des. Secretaria P1, P2 M2	11,0	3	33%	154,51	14,05
Desp. Secretaria P1, P2 M3	11,0	3	33%	154,46	14,04
ASEO					
Aseos PS y PB	3	5		21,48	7,16
Aseos despachos módulos	1	2		10,07	10,07
Aseos módulos cabecera	1	2		9,26	9,26
Aseos Planta Sótano Laboratorios	1	2		17,91	17,91
Aseos y vestuario Planta Baja Conserjería	1	3		26,10	26,10
Promedio Edificio	20	43	46%	89,54	7,62

Fuente: cálculos de elaboración propia a partir de base de datos de promedio de alumnos proporcionado por la Unidad Técnica de la Universidad de Alicante

### **ANEXO D.6.2. POTENCIAS Y CAUDALES DE FAN-COIL**

Se muestra las potencias y caudales indicados en la descripción del presupuesto del proyecto original del edificio, se consideran las potencias y caudales de dos UTAs por espacio más similares a los valores indicados en proyecto y se utilizan para definir las características técnicas de un fan-coil por espacio en *Calener GT* y el caudal recirculado en cada circuito hidráulico que se identifica como módulo 1, 2, 3 y la planta que da servicio el fan-coil descrito.

Las UTA descritas como CLAUDIB o similar son tal cual se encuentran en los planos de climatización de edificio del ANEXO A.2. Planos de proyecto del Edificio EPS IV. El nombre CHI se refiere a un modelo de UTA de un catálogo, seguidamente se indica el aula a la que da servicio el equipo.

Las aulas y los despachos disponen de fan-coils de diferente fabricante.

ANEXO D. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO EN CALENER GT PARA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

Tabla 85. Potencias y caudales de los fan-coils por espacios y circuito hidráulico en aulas

Referencia proyecto/ Espacio	Climatizador	Ud.	Pot. FRÍO Proyecto	Caudal aire Proyecto (m³/h)	Pot. FRÍO Sensible kW	Pot. FRÍO Total (kW)	Pot. CALOR Total kW	Caudal aire (m³/h)	Caudal agua (m³/h)	Circuito hidráulico
CLAUDIB2	UTA CHI-15	2	8,70	1436	5,24	8,33	12,20	1450	3000	M1-PS2
CHI-15 EP/S-01D	Total	1	17,4	2872	10,48	16,66	24,40	2900		
CLAUIF5	UTA CHI-20	2	11,25	1843	6,70	10,63	15,55	1850	3000	M1-PS2
CHI-20 EP/S-02M	Total	1	22,5	3686	13,40	21,26	31,10	3700		
CLAUDIB2	UTA CHI-15	2	8,70	1436	5,24	8,33	12,20	1450	3000	M1-PS2
CHI-15 EP/S-03D	Total	1	17,4	2872	10,48	16,66	24,40	2900		
CLAUAFO	UTA CHI-30	2	14,28	2677	9,57	15,23	22,30	2650	3000	M1-PB2
CHI-30 EP/S-04E	Total	1	28,56	5354	19,14	30,46	44,60	5300		
CLAUDIB2	UTA CHI-15	1	8,70	1436	5,24	8,33	12,20	1450	3000	M1-PS1
CHI-15 EP/S-05D	UTA CHI-15	1								
CLAUDIB1	UTA CHI-20	2	9,05	2124	6,70	10,63	15,55	1850	3000	M1-PS1
CHI-20 EP/S-06D	Total	1	18,1	4248	13,40	21,26	31,10	3700		
ClaugenPS	UTA CHI-30	2	14,30	1937	9,57	15,23	22,30	2650	3000	M2-PS2
CHI-30 EP/S-07D	Total	1	28,6	3874	19,14	30,46	44,60	5300		
CLAUIF4	UTA CHI-15	2	9,27	1577	5,93	9,26	13,15	1500	3000	M2-PS1
CHI-20 EP/S-08M	UTA CHI-20	1	18,54	3154	11,86	18,52	26,30	3000		
ClaugenPS CHI-30	UTA CHI-30	2	14,30	1937	9,57	15,23	22,30	2650	3000	M2-PS2
CHI-30 EP/S-09G	Total	1	28,6	3874	19,14	30,46	44,60	5300		
ClaugenPS	UTA CHI-30	1	14,30	1937	9,57	15,23	22,30	2650	3000	M2-PS2
CHI-30 EP/S-10P	UTA CHI-30	1								
ClaugenPS	UTA CHI-30	1	14,30	1937	9,57	15,23	22,30	2650	3000	M2-PS2
CHI-30 EP/S-11P	UTA CHI-30	1								
ClaugenPS	UTA CHI-30	1	14,30	1937	9,57	15,23	22,30	2650	3000	M2-PS2
CHI-30 EP/S-12M	UTA CHI-30	1								
CLAUIF1	UTA CHI-30	1	12,39	1901	8,50	13,27	18,85	2150	3000	M2-PS2
CHI-30 EP/S-13I	UTA CHI-30	1								
CLAUIF1	UTA CHI-30	1	12,39	1901	8,50	13,27	18,85	2150	3000	M2-PS2
CHI-30 EP/S-14I	UTA CHI-30	1								
ClaugenPS	UTA CHI-30	1	14,30	1937	9,57	15,23	22,30	2650	3000	M2-PS2
CHI-30 EP/S-15M	UTA CHI-30	1								

Fuente: elaboración propia a partir de las características técnicas de las UTAs descritas en el presupuesto original del proyecto del edificio de la Escuela Politécnica Superior IV

ANEXO D. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO EN CALENER GT PARA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

Referencia proyecto/ Espacio	Climatizador	Ud.	Pot. FRÍO Proyecto	Caudal aire Proyecto (m³/h)	Pot. FRÍO Sensible kW	Pot. FRÍO Total (kW)	Pot. CALOR Total kW	Caudal aire (m³/h)	Caudal agua (m³/h)	Circuito hidráulico
ClaugenPB	UTA CHI-30	1	16,30	2360						
CHI-30 EP/0-16P	UTA CHI-30	1			10,37	16,67	25,50	3150	3000	M2-PB2
CLAUDIB6	UTA CHI-20	2	11,15	2038	6,70	11,65	15,55	2200		
CHI-20 EP/0-17D	Total	1	22,3	4076	13,40	23,30	31,10	4400	3000	M1-PB2
CLAUINF9	UTA CHI-20	2	12,08	2039	8,50	13,27	18,85	2150		
CHI-30 EP/0-18M	UTA CHI-30	1	24,16	4078	17,00	26,54	37,70	4300	3000	M1-PB2
CLAUDIB6	UTA CHI-20	2	11,15	2038	6,70	11,65	15,55	2200		
CHI-20 EP/0-19D	Total	1	22,3	4076	13,40	23,30	31,10	4400	3000	M1-PB2
CLAUDIB5	UTA CHI-30	2	13,60	2648	9,57	15,23	22,30	2650		
CHI-30 EP/0-20D	Total	1	27,2	5296	19,14	30,46	44,60	5300	3000	M1-PB1
ClaugenPS	UTA CHI-30	2	16,30	2360	10,37	16,67	25,50	3150		
CHI-30 EP/0-21E	Total	1	32,6	4720	20,74	33,34	51,00	6300	3000	M2-PB2
CLAUINF8	UTA CHI-20	2	10,50	1809	6,70	10,63	15,55	1850		
CHI-20 EP/0-22M	Total	1	21	3618	13,40	21,26	31,10	3700	3000	M2-PB1
ClaugenPS CHI-30	UTA CHI-30	2	16,30	2360	10,37	16,67	25,50	3150		
CHI-30 EP/0-23G	Total	1	32,6	4720	20,74	33,34	51,00	6300	3000	M2-PB2
ClaugenPB	UTA CHI-30	1	16,30	2360						
CHI-30 EP/0-24P	UTA CHI-30	1			10,37	16,67	25,50	3150	3000	M2-PB2
ClaugenPB	UTA CHI-30	1	16,30	2360						
CHI-30 EP/0-25M	UTA CHI-30	1			10,37	16,67	25,50	3150	3000	M2-PB2
ClaugenPB	UTA CHI-30	1	16,30	2360						
CHI-30 EP/0-26M	UTA CHI-30	1			10,37	16,67	25,50	3150	3000	M2-PB2
CLAUINF6	UTA CHI-30	2	14,60	2326	9,57	15,23	22,30	2650		
CHI-30 EP/0-27I	Total	1	29,2	4652	19,14	30,46	44,60	5300	3000	M2-PB2
CLAUINF6	UTA CHI-30	2	14,60	2326	9,57	15,23	22,30	2650		
CHI-30 EP/0-28I	Total	1	29,2	4652	19,14	30,46	44,60	5300	3000	M2-PB2
CLAUINF6	UTA CHI-30	2	14,60	2326	9,57	15,23	22,30	2650		
CHI-30 EP/0-29I	Total	1	29,2	4652	19,14	30,46	44,60	5300	3000	M2-PB2
CLAUINF6	UTA CHI-30	2	14,60	2326	9,57	15,23	22,30	2650		
CHI-30 EP/0-30I	Total	1	29,2	4652	19,14	30,46	44,60	5300	3000	M2-PB2

Fuente: elaboración propia a partir de las características técnicas de las UTAs descritas en el presupuesto original del proyecto del edificio de la Escuela Politécnica Superior IV

ANEXO D. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO EN CALENER GT PARA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

Tabla 86. Potencias y caudales de los fan-coils por espacios y circuito hidráulico en salas y despachos

Referencia proyecto/ Espacio	Climatizador	Ud.	Pot. FRÍO Proyecto	Caudal aire Proyecto (m³/h)	Pot. FRÍO Sensible kW	Pot. FRÍO Total (kW)	Pot. CALOR Total kW	Caudal aire (m³/h)	Caudal agua (m³/h)	Circuito hidráulico
Fabricante	UTA CHI-20	2	-	-	6,70	10,63	15,55	1850		
CHI-20 EP/S-Pecera	Total	1			13,40	21,26	31,10	3700	6000	M1-PS2
CLAUDIB2	UTA CHI-15	1	8,70	1436						
CHI-15 EP/S-Maquetas	UTA CHI-15	1			5,24	8,33	12,20	1450	3000	M1-PS1
CLSLGR CHI-20	UTA CHI-20	3	10,30	1495	6,70	10,63	15,55	1850		
CHI-20 EP/S-Actos	Total	1	30,9	4485	20,10	31,89	46,65	5550	6000	M1-PS2
ClaugenPS	UTA CHI-30	1	14,30	1937						
CHI-30 EP/S-Alan	UTA CHI-30	1			9,57	15,23	22,30	2650	3000	M2-PS2
ClaugenPS	UTA CHI-30	1	14,30	1937						
CHI-30 EP/S-Wirth	UTA CHI-30	1			9,57	15,23	22,30	2650	3000	M2-PS2
CLAUINF3	UTA CHI-15	2	8,70	1442	5,24	8,33	12,20	1450		
CHI-15 EP/S-Claude	Total	1	17,4	2884	10,48	16,66	24,40	2900	3000	M1-PS2
<b>SALAS PLANTA BAJA</b>										
CLAUDIB6	UTA CHI-20	1	7,13	2038						
CHI-20 EP/0-Ltec	UTA CHI-20	1			7,24	11,65	17,75	2200	3000	M1-PB1
CLAUDIB6	UTA CHI-20	1	7,13	2038						
CHI-20 EP/0-Linv	UTA CHI-20	1			7,24	11,65	17,75	2200	3000	M1-PB1
ClaugenPS	UTA CHI-10	1	7,13	869						
CHI-10 EP/0-Reunion	UTA CHI-10	1			4,45	7,14	10,90	1350	1500	M1-PB2
ClaugenPS	UTA CHI-10	1	7,13	869						
CHI-10 EP/0-Recepcion	UTA CHI-10	1			4,45	7,14	10,90	1350	1500	M1-PB2
<b>DESPACHOS</b>										
Fan-Coil 42E-04	TERMOVEN FL 450	8	-	-	3,40	4,28	5,27	640	740	M1-Despachos M2-Despachos M3-Despachos
Fan-Coil D.Oeste	Total	1			27,21	34,26	42,18	5120	5920	
Fan-Coil 42E-04	TERMOVEN FL 450	14	-	-	3,40	4,28	5,27	640	740	
Fan-Coil D.Central	Total	1			47,61	59,96	73,81	8960	10360	
Fan-Coil 42E-12	TERMOVEN FL 450	6	-	-	3,40	4,28	5,27	640	740	
Fan-Coil Secretaria	Total	1			20,41	25,70	31,63	3840	4440	

Fuente: elaboración propia a partir de las características técnicas de las UTAs descritas en el presupuesto original del proyecto del edificio de la Escuela Politécnica Superior IV



## ANEXO E. DOCUMENTACIÓN DE RESULTADOS DE CÁLCULO DE LIDER Y CALENER

Se extrae la información relevante de los documentos generados en el cálculo de los programas *LIDER*, *Calener VyP* y *Calener GT*, pues el resto de información se describe en el ANEXO B.2 del proyecto. La información de *Calener GT* es imprescindible, mientras que los documentos de *LIDER* y *Calener VyP* son previos y complementarios, que sirven para el análisis energético y la observación de las diferencias de cálculo con *Calener GT*.

### ANEXO E.1. IDENTIFICACIÓN DEL USO DE LOS ESPACIOS DEL EDIFICIO

La siguiente tabla identifica los nombres reales de los espacios del edificio simulados respecto de los códigos de espacio que utiliza el programa *LIDER-Calener*.

Tabla 87. Código LIDER para identificación del uso de los espacios del edificio

CÓDIGO	AULA	CÓDIGO	SALAS, LABORATORIOS PLANTA SÓTANO
P01_E01	EP/S-01D	P01_E16	Taller de Maquetas
P01_E02	EP/S-02M	P01_E17	Taller de Arquitectura (Pecera)
P01_E03	EP/S-03D	P01_E18	Laboratorio invest. Aula Alan Turing
P01_E04	EP/S-04E	P01_E19	Laboratorio invest. Aula Niklaus Wirth
P01_E05	EP/S-05D	P01_E20	Salón de Actos
P01_E06	EP/S-06D	P01_E21	Sala de Reuniones. Claude Shannon
P01_E07	EP/S-07D	CÓDIGO	SALAS, LABORATORIOS PLANTA BAJA
P01_E08	EP/S-08M	P02_E16	Laboratorio Técnico
P01_E09	EP/S-09G	P02_E05	Laboratorio Investigación
P01_E10	EP/S-10P	P02_E19	Sala de Reuniones
P01_E11	EP/S-11P	P02_E22	Conserjería
P01_E12	EP/S-12M	CÓDIGO	DESPACHOS
P01_E13	EP/S-13I	P04_E01	Despachos Zona Oeste P1 Módulo 3
P01_E14	EP/S-14I	P04_E10	Despachos Zona Oeste P1 Módulo 2
P01_E15	EP/S-15M	P04_E19	Despachos Zona Oeste P1 Módulo 1
P02_E15	EP/O-16M	P04_E02	Despachos Zona Central P1 Módulo 3
P02_E01	EP/O-17D	P04_E14	Despachos Zona Central P1 Módulo 2
P02_E02	EP/O-18M	P04_E23	Despachos Zona Central P1 Módulo 1
P02_E03	EP/O-19D	P04_E17	Despachos Secretaria, Laboratorios P1 Módulo 1
P02_E06	EP/O-20D	P04_E26	Despachos Secretaria, Laboratorios P1 Módulo 2
P02_E07	EP/O-21E	P04_E03	Despachos Secretaria, Laboratorios P1 Módulo 3
P02_E08	EP/O-22M	P05_E01	Despachos Zona Oeste P2 Módulo 3
P02_E09	EP/O-23G	P05_E10	Despachos Zona Oeste P2 Módulo 2
P02_E10	EP/O-24P	P05_E18	Despachos Zona Oeste P2 Módulo 1
P02_E11	EP/O-25M	P05_E02	Despachos Zona Central P2 Módulo 3
P02_E12	EP/O-26M	P05_E14	Despachos Zona Central P2 Módulo 2
P02_E23	EP/O-27I	P05_E22	Despachos Zona Central P2 Módulo 1
P02_E14	EP/O-28I	P05_E26	Despachos Secretaria, Laboratorios P2 Módulo 1
P02_E18	EP/O-29I	P05_E27	Despachos Secretaria, Laboratorios P2 Módulo 2
P02_E13	EP/O-30I	P05_E03	Despachos Secretaria, Laboratorios P2 Módulo 3

Fuente: elaboración propia

## ANEXO E.2. DOCUMENTO RESULTADOS DE LIDER. ESTADO ACTUAL

Se muestran los documentos generados en *LIDER* para a limitación de la demanda térmica del *CTE 2007*, el primero corresponde a todos los espacios de planta sótano y baja, y el segundo pertenece a los módulos de planta primera y segunda del edificio.

# Código Técnico de la Edificación



**Proyecto: Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante**

**Fecha: 31/10/2014**

**Localidad: San Vicente del Raspeig**

**Comunidad: Comunidad Valenciana**

<b>CTE</b> CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN	HE-1	Proyecto	
	Opción General	Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante	
		Localidad	Comunidad
		San Vicente del Raspeig	Comunidad Valenciana

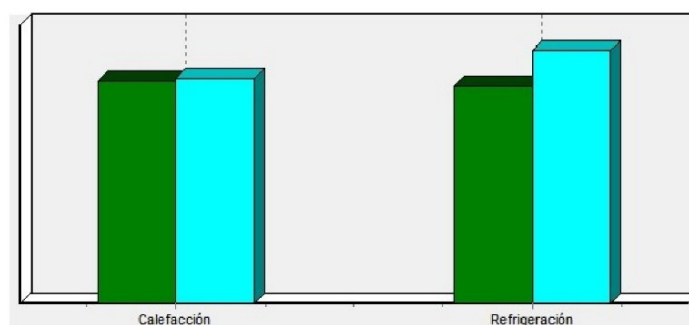
## 1. DATOS GENERALES

<b>Nombre del Proyecto</b>	
Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante	
<b>Localidad</b>	<b>Comunidad Autónoma</b>
San Vicente del Raspeig	Comunidad Valenciana
<b>Dirección del Proyecto</b>	
Carretera San Vicente del Raspeig s/n	
<b>Autor del Proyecto</b>	
Rubén Romero Vivancos	
<b>Autor de la Calificación</b>	
Universidad de Alicante	
<b>E-mail de contacto</b>	<b>Teléfono de contacto</b>
rubens-romero@hotmail.com	667958335
<b>Tipo de edificio</b>	
Terciario	

## 2. CONFORMIDAD CON LA REGLAMENTACIÓN

El edificio descrito en este informe NO CUMPLE con la reglamentación establecida por el código técnico de la edificación, en su documento básico HE1.

	Calefacción	Refrigeración
% de la demanda de Referencia	99,2	86,0
Proporción relativa calefacción refrigeración	50,7	49,3



En el caso de edificios de viviendas el cumplimiento indicado anteriormente no incluye la comprobación de la transmitancia límite de 1,2 W/m<sup>2</sup>K establecida para las particiones interiores que separan las unidades de uso con sistema de calefacción previsto en el proyecto, con las zonas comunes del edificio no calefactadas.

ANEXO E. EXTRACTO DOCUMENTACIÓN DE RESULTADOS DE CÁLCULO


 <b>CTE</b> CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN	HE-1 Opción General	Proyecto	Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante
		Localidad	San Vicente del Raspeig
		Comunidad	Comunidad Valenciana

## 4. Resultados

### 4.1. Resultados por espacios

Espacios	Área (m²)	Nº espacios iguales	Calefacción % de max	Calefacción % de ref	Refrigeración % de max	Refrigeración % de ref
P01_E01	141,1	1	57,6	89,7	34,4	76,8
P01_E02	141,1	1	40,8	80,7	33,4	70,1
P01_E03	141,1	1	49,1	88,7	32,3	79,3
P01_E04	146,8	1	75,0	105,3	56,4	87,3
P01_E05	70,3	1	55,3	97,6	45,0	80,6
P01_E06	176,9	1	44,8	85,1	33,5	71,7
P01_E07	176,9	1	31,6	83,6	31,2	72,0
P01_E08	103,7	1	88,5	99,3	38,6	74,7
P01_E09	175,9	1	46,8	88,0	31,9	81,1
P01_E10	88,4	1	62,3	85,0	36,1	90,4
P01_E11	87,4	1	58,8	86,3	35,9	84,8
P01_E12	87,9	1	81,4	89,8	39,8	89,1
P01_E13	97,4	1	32,5	69,3	23,1	96,3
P01_E14	66,3	1	32,3	73,3	27,2	90,1
P01_E15	87,9	1	62,2	88,2	40,9	91,1
P01_E16	70,7	1	20,5	73,2	23,8	57,0
P01_E17	111,7	1	81,3	97,2	100,0	125,7
P01_E18	82,7	1	10,9	53,8	42,0	123,0
P01_E19	82,8	1	13,6	64,2	36,7	99,4


ANEXO E. EXTRACTO DOCUMENTACIÓN DE RESULTADOS DE CÁLCULO

 <b>CTE</b> <small>CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN</small>	<b>HE-1</b> Opción General	Proyecto Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante	
		Localidad San Vicente del Raspeig	Comunidad Comunidad Valenciana

Espacios	Área (m²)	Nº espacios iguales	Calefacción % de max	Calefacción % de ref	Refrigeración % de max	Refrigeración % de ref
P01_E20	126,6	1	100,0	102,9	45,4	93,8
P01_E21	118,1	1	27,2	81,0	11,6	100,7
P02_E01	141,1	1	55,1	106,6	38,3	78,8
P02_E02	141,1	1	80,1	104,6	45,4	79,1
P02_E03	141,1	1	63,7	104,5	40,0	81,0
P02_E05	46,2	1	44,4	120,2	46,1	70,2
P02_E06	176,9	1	54,2	125,7	38,3	78,3
P02_E07	176,9	1	48,8	122,7	37,8	80,1
P02_E08	103,7	1	84,4	126,3	40,0	78,8
P02_E09	175,9	1	55,3	131,5	37,0	87,8
P02_E10	88,4	1	72,4	112,2	42,4	95,7
P02_E11	87,4	1	76,7	114,2	44,4	88,2
P02_E12	87,9	1	45,2	121,3	36,4	90,3
P02_E14	82,1	1	33,0	103,9	38,5	102,1
P02_E15	87,9	1	68,9	116,5	42,9	86,8
P02_E18	71,3	1	36,9	100,2	34,7	101,4
P02_E19	48,1	1	35,6	85,7	48,4	127,5
P02_E13	68,4	1	40,7	99,8	39,2	116,9
P02_E22	23,4	1	69,9	110,2	51,1	119,5
P02_E23	81,6	1	24,7	96,6	43,2	102,2
P02_E16	61,5	1	33,1	116,7	39,0	63,1



ANEXO E. EXTRACTO DOCUMENTACIÓN DE RESULTADOS DE CÁLCULO

 <b>HE-1</b> Opción General	Proyecto Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante	
	Localidad San Vicente del Raspeig	Comunidad Comunidad Valenciana

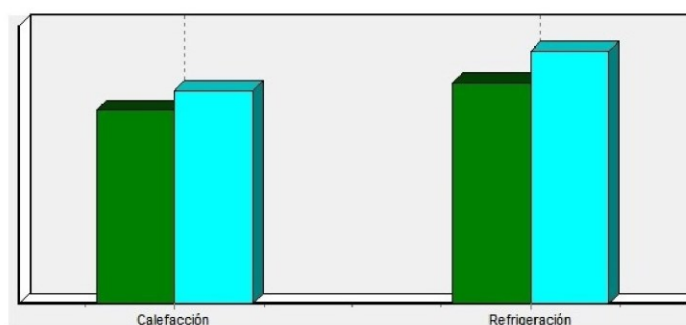
## 1. DATOS GENERALES

<b>Nombre del Proyecto</b> Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante	
<b>Localidad</b> San Vicente del Raspeig	<b>Comunidad Autónoma</b> Comunidad Valenciana
<b>Dirección del Proyecto</b> Carretera San Vicente del Raspeig s/n	
<b>Autor del Proyecto</b> Rubén Romero Vivancos	
<b>Autor de la Calificación</b> Universidad de Alicante	
<b>E-mail de contacto</b> rubens-romero@hotmail.com	<b>Teléfono de contacto</b> 667958335
<b>Tipo de edificio</b> Terciario	

## 2. CONFORMIDAD CON LA REGLAMENTACIÓN

El edificio descrito en este informe NO CUMPLE con la reglamentación establecida por el código técnico de la edificación, en su documento básico HE1.

	Calefacción	Refrigeración
% de la demanda de Referencia	90,6	87,4
Proporción relativa calefacción refrigeración	46,7	53,3



En el caso de edificios de viviendas el cumplimiento indicado anteriormente no incluye la comprobación de la transmitancia límite de 1,2 W/m²K establecida para las particiones interiores que separan las unidades de uso con sistema de calefacción previsto en el proyecto, con las zonas comunes del edificio no calefactadas.




 <b>CTE</b> <small>CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN</small>	<b>HE-1</b> Opción General	Proyecto Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante	
		Localidad San Vicente del Raspeig	Comunidad Comunidad Valenciana

### 3. DESCRIPCIÓN GEOMÉTRICA Y CONSTRUCTIVA

#### 3.1. Espacios


Nombre	Planta	Uso	Clase higrometria	Área (m <sup>2</sup> )	Altura (m)
P01_E30	P01	Nivel de estanqueidad 1	3	14,64	3,57
P01_E31	P01	Nivel de estanqueidad 1	3	14,64	3,57
P01_E32	P01	Nivel de estanqueidad 1	3	14,64	3,57
P01_E33	P01	Nivel de estanqueidad 1	3	9,14	3,57
P01_E34	P01	Nivel de estanqueidad 1	3	9,14	3,57
P01_E35	P01	Nivel de estanqueidad 1	3	9,14	3,57
P01_E36	P01	Nivel de estanqueidad 1	3	21,69	3,57
P01_E37	P01	Nivel de estanqueidad 1	3	21,69	3,57
P01_E38	P01	Nivel de estanqueidad 1	3	21,69	3,57
P03_E01	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	58,71	0,91
P03_E02	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	15,60	0,91
P03_E05	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	88,87	0,91
P03_E06	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	88,87	0,91
P03_E07	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	11,12	0,91
P03_E09	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	175,87	0,91
P03_E10	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	58,71	0,91
P03_E11	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	15,60	0,91
P03_E14	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	88,87	0,91
P03_E15	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	11,12	0,91
P03_E17	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	176,87	0,91
P03_E18	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	58,71	0,91

ANEXO E. EXTRACTO DOCUMENTACIÓN DE RESULTADOS DE CÁLCULO

 <b>CTE</b> <small>CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN</small>	<b>HE-1</b> Opción General	Proyecto Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante	
		Localidad San Vicente del Raspeig	Comunidad Comunidad Valenciana

Nombre	Planta	Uso	Clase higrometria	Área (m²)	Altura (m)
P03_E19	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	15,60	0,91
P03_E22	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	88,87	0,91
P03_E23	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	73,79	0,91
P03_E24	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	11,12	0,91
P03_E26	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	176,87	0,91
P04_E01	P04	Intensidad Media - 8h	3	89,82	3,02
P04_E02	P04	Intensidad Media - 8h	3	159,55	3,02
P04_E03	P04	Intensidad Media - 16h	3	154,48	3,02
P04_E04	P04	Intensidad Baja - 8h	3	10,07	3,02
P04_E07	P04	Intensidad Baja - 8h	3	9,26	3,02
P04_E09	P04	Nivel de estanqueidad 1	3	131,59	3,02
P04_E10	P04	Intensidad Media - 8h	3	89,82	3,02
P04_E11	P04	Intensidad Baja - 8h	3	10,07	3,02
P04_E14	P04	Intensidad Media - 8h	3	159,55	3,02
P04_E15	P04	Intensidad Baja - 8h	3	9,26	3,02
P04_E18	P04	Nivel de estanqueidad 1	3	132,58	3,02
P04_E19	P04	Intensidad Media - 8h	3	89,82	3,02
P04_E20	P04	Intensidad Baja - 8h	3	10,07	3,02
P04_E23	P04	Intensidad Media - 8h	3	159,55	3,02
P04_E24	P04	Intensidad Baja - 8h	3	9,26	3,02
P04_E27	P04	Nivel de estanqueidad 1	3	153,50	3,02
P04_E17	P04	Intensidad Media - 16h	3	206,48	3,02
P04_E26	P04	Intensidad Media - 16h	3	201,88	3,02
P05_E01	P05	Intensidad Media - 8h	3	89,82	3,13
P05_E02	P05	Intensidad Media - 8h	3	159,55	3,13

ANEXO E. EXTRACTO DOCUMENTACIÓN DE RESULTADOS DE CÁLCULO

 <b>CTE</b> <small>CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN</small>	<b>HE-1</b> Opción General	Proyecto	Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante	
		Localidad	San Vicente del Raspeig	Comunidad Comunidad Valenciana

Nombre	Planta	Uso	Clase higrometria	Área (m²)	Altura (m)
P05_E03	P05	Intensidad Media - 16h	3	154,48	3,13
P05_E04	P05	Intensidad Baja - 8h	3	10,07	3,13
P05_E07	P05	Intensidad Baja - 8h	3	9,26	3,13
P05_E09	P05	Nivel de estanqueidad 1	3	131,59	3,13
P05_E10	P05	Intensidad Media - 8h	3	89,82	3,13
P05_E11	P05	Intensidad Baja - 8h	3	10,07	3,13
P05_E14	P05	Intensidad Media - 8h	3	159,55	3,13
P05_E15	P05	Intensidad Baja - 8h	3	9,26	3,13
P05_E17	P05	Nivel de estanqueidad 1	3	132,58	3,13
P05_E18	P05	Intensidad Media - 8h	3	89,82	3,13
P05_E19	P05	Intensidad Baja - 8h	3	10,07	3,13
P05_E22	P05	Intensidad Media - 8h	3	159,55	3,13
P05_E23	P05	Intensidad Baja - 8h	3	9,26	3,13
P05_E25	P05	Nivel de estanqueidad 1	3	153,50	3,13
P05_E26	P05	Intensidad Media - 16h	3	206,48	3,13
P05_E27	P05	Intensidad Media - 16h	3	201,88	3,13

ANEXO E. EXTRACTO DOCUMENTACIÓN DE RESULTADOS DE CÁLCULO

 <b>CTE</b> CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN	HE-1 Opción General	Proyecto Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante	
		Localidad San Vicente del Raspeig	Comunidad Comunidad Valenciana

## 4. Resultados

### 4.1. Resultados por espacios

Espacios	Área (m²)	Nº espacios iguales	Calefacción % de max	Calefacción % de ref	Refrigeración % de max	Refrigeración % de ref
P04_E01	89,8	1	97,6	85,5	28,7	140,9
P04_E02	159,5	1	88,4	78,8	28,7	147,0
P04_E03	154,5	1	68,5	152,7	98,5	70,3
P04_E10	89,8	1	99,3	86,1	28,7	140,9
P04_E14	159,5	1	100,0	87,9	27,5	140,3
P04_E19	89,8	1	98,8	85,6	28,7	140,8
P04_E23	159,5	1	92,0	81,1	28,6	145,9
P04_E17	133,6	1	46,9	113,2	98,8	80,0
P04_E26	154,5	1	52,7	118,8	96,2	79,2
P05_E01	89,8	1	92,1	78,3	30,9	129,8
P05_E02	159,5	1	90,7	78,3	29,6	142,7
P05_E03	154,5	1	74,6	151,9	100,0	65,9
P05_E10	89,8	1	99,9	82,1	30,8	127,6
P05_E14	159,5	1	92,4	79,5	29,6	143,0
P05_E18	89,8	1	92,6	78,3	31,0	130,1
P05_E22	159,5	1	91,4	78,5	29,8	143,2
P05_E26	133,6	1	45,4	121,2	99,9	74,8
P05_E27	154,5	1	52,3	127,9	98,4	74,1

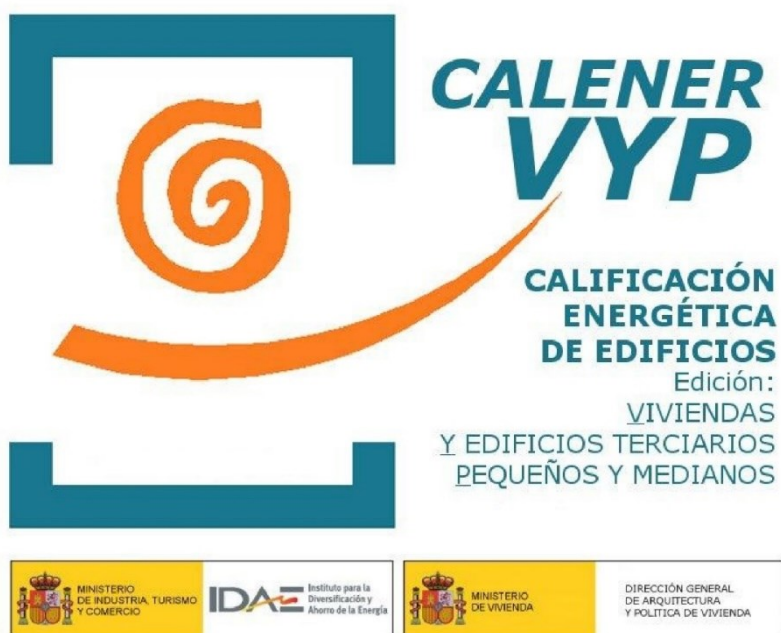
## ANEXO E.3. DOCUMENTO RESULTADOS DE CALENER VyP

Se extrae parte de los documentos generados por el cálculo *de Calener VyP*, en concreto la lista de espacios con su *descripción geométrica* y finalmente los **resultados** de cálculo con la escala de calificación y tabla de resultados.

Primero se muestra el correspondiente al cálculo de la planta sótano y planta baja, y seguidamente el correspondiente a la planta primera y segunda.

La calificación energética sólo viene dada por la **iluminación**, pues no se han introducido los sistemas de climatización y ACS.

### Calificación Energética



Proyecto: Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante

Fecha: 04/11/2014




ANEXO E. EXTRACTO DOCUMENTACIÓN DE RESULTADOS DE CÁLCULO

 Calificación Energética	Proyecto Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante	
	Localidad San Vicente del Raspeig	Comunidad Comunidad Valenciana

## 1. DATOS GENERALES

<b>Nombre del Proyecto</b> Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante	
<b>Localidad</b> San Vicente del Raspeig	<b>Comunidad Autónoma</b> Comunidad Valenciana
<b>Dirección del Proyecto</b> Carretera San Vicente del Raspeig s/n	
<b>Autor del Proyecto</b> Rubén Romero Vivancos	
<b>Autor de la Calificación</b> Universidad de Alicante	
<b>E-mail de contacto</b> rubens-romero@hotmail.com	<b>Teléfono de contacto</b> 667958335
<b>Tipo de edificio</b> Terciario	



 <b>Calificación Energética</b>	Proyecto Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante	
	Localidad San Vicente del Raspeig	Comunidad Comunidad Valenciana

## 2. DESCRIPCIÓN GEOMÉTRICA Y CONSTRUCTIVA

### 2.1. Espacios

Nombre	Planta	Uso	Clase higrometria	Área (m²)	Altura (m)
P01_E01	P01	Intensidad Media - 16h	3	141,07	3,57
P01_E02	P01	Intensidad Media - 16h	3	141,07	3,57
P01_E03	P01	Intensidad Media - 16h	3	141,07	3,57
P01_E04	P01	Intensidad Media - 16h	3	146,86	3,57
P01_E05	P01	Intensidad Media - 16h	3	70,34	3,57
P01_E06	P01	Intensidad Media - 16h	3	176,87	3,57
P01_E07	P01	Intensidad Media - 16h	3	176,87	3,57
P01_E08	P01	Intensidad Media - 16h	3	103,68	3,57
P01_E09	P01	Intensidad Media - 16h	3	175,87	3,57
P01_E10	P01	Intensidad Media - 16h	3	88,42	3,57
P01_E11	P01	Intensidad Media - 16h	3	87,44	3,57
P01_E12	P01	Intensidad Media - 16h	3	87,93	3,57
P01_E13	P01	Intensidad Media - 16h	3	97,38	3,57
P01_E14	P01	Intensidad Media - 16h	3	66,31	3,57
P01_E15	P01	Intensidad Media - 16h	3	87,93	3,57
P01_E16	P01	Intensidad Media - 16h	3	70,73	3,57
P01_E17	P01	Intensidad Media - 16h	3	111,67	3,57
P01_E18	P01	Intensidad Media - 16h	3	82,75	3,57
P01_E19	P01	Intensidad Media - 16h	3	82,84	3,57
P01_E20	P01	Intensidad Media - 16h	3	126,56	3,57
P01_E21	P01	Intensidad Media - 8h	3	118,09	3,57

ANEXO E. EXTRACTO DOCUMENTACIÓN DE RESULTADOS DE CÁLCULO

 <b>Calificación Energética</b>	<b>Proyecto</b> Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante	
	<b>Localidad</b> San Vicente del Raspeig	<b>Comunidad</b> Comunidad Valenciana

Nombre	Planta	Uso	Clase higrometria	Área (m²)	Altura (m)
P01_E23	P01	Intensidad Media - 16h	3	22,83	3,57
P01_E24	P01	Nivel de estanqueidad 2	3	22,50	3,57
P01_E25	P01	Intensidad Baja - 8h	3	17,90	3,57
P01_E27	P01	Intensidad Baja - 8h	3	64,51	3,57
P01_E28	P01	Intensidad Baja - 8h	3	21,48	3,57
P01_E29	P01	Intensidad Baja - 8h	3	21,48	3,57
P01_E30	P01	Nivel de estanqueidad 1	3	14,64	3,57
P01_E31	P01	Nivel de estanqueidad 1	3	14,64	3,57
P01_E32	P01	Nivel de estanqueidad 1	3	14,64	3,57
P01_E33	P01	Nivel de estanqueidad 1	3	9,14	3,57
P01_E34	P01	Nivel de estanqueidad 1	3	9,14	3,57
P01_E35	P01	Nivel de estanqueidad 1	3	9,14	3,57
P01_E36	P01	Nivel de estanqueidad 1	3	21,69	3,57
P01_E37	P01	Nivel de estanqueidad 1	3	21,69	3,57
P01_E38	P01	Nivel de estanqueidad 1	3	21,69	3,57
P02_E01	P02	Intensidad Media - 16h	3	141,07	3,57
P02_E02	P02	Intensidad Media - 16h	3	141,07	3,57
P02_E03	P02	Intensidad Media - 16h	3	141,07	3,57
P02_E05	P02	Intensidad Media - 16h	3	46,22	3,57
P02_E06	P02	Intensidad Media - 16h	3	176,87	3,57
P02_E07	P02	Intensidad Media - 16h	3	176,87	3,57
P02_E08	P02	Intensidad Media - 16h	3	103,68	3,57
P02_E09	P02	Intensidad Media - 16h	3	175,87	3,57
P02_E10	P02	Intensidad Media - 16h	3	88,42	3,57
P02_E11	P02	Intensidad Media - 16h	3	87,44	3,57

ANEXO E. EXTRACTO DOCUMENTACIÓN DE RESULTADOS DE CÁLCULO

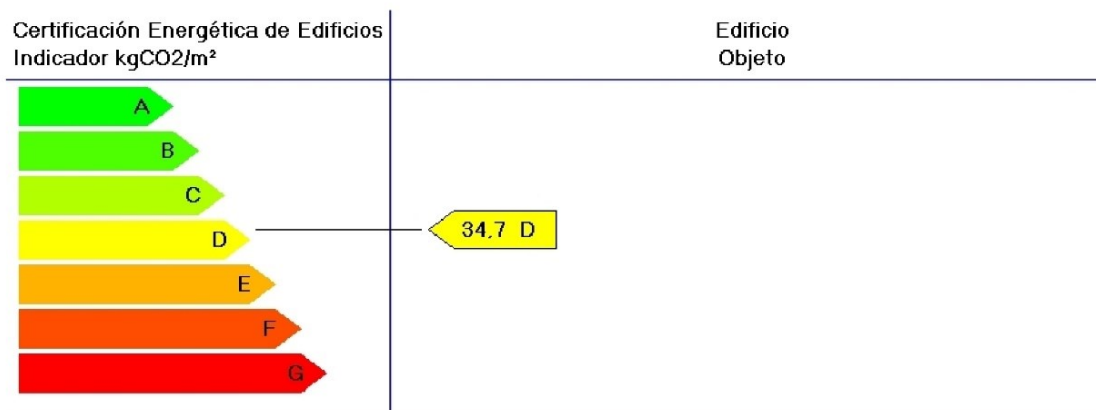
 <b>Calificación Energética</b>	<b>Proyecto</b> Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante	
	<b>Localidad</b> San Vicente del Raspeig	<b>Comunidad</b> Comunidad Valenciana

Nombre	Planta	Uso	Clase higrometria	Área (m²)	Altura (m)
P02_E12	P02	Intensidad Media - 16h	3	87,93	3,57
P02_E14	P02	Intensidad Media - 16h	3	82,12	3,57
P02_E15	P02	Intensidad Media - 16h	3	87,93	3,57
P02_E18	P02	Intensidad Media - 16h	3	71,35	3,57
P02_E19	P02	Intensidad Media - 16h	3	48,12	3,57
P02_E28	P02	Intensidad Baja - 8h	3	21,48	3,57
P02_E29	P02	Intensidad Baja - 8h	3	21,48	3,57
P02_E13	P02	Intensidad Media - 16h	3	68,41	3,57
P02_E20	P02	Intensidad Baja - 12h	3	30,41	3,57
P02_E21	P02	Intensidad Baja - 8h	3	26,11	3,57
P02_E22	P02	Intensidad Media - 16h	3	23,43	3,57
P02_E24	P02	Nivel de estanqueidad 1	3	63,57	3,57
P02_E23	P02	Intensidad Media - 16h	3	81,57	3,57
P02_E16	P02	Intensidad Media - 16h	3	61,47	3,57
P02_E17	P02	Nivel de estanqueidad 1	3	11,05	3,57
P03_E01	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	58,71	0,91
P03_E02	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	15,60	0,91
P03_E05	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	88,87	0,91
P03_E06	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	88,87	0,91
P03_E07	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	11,12	0,91
P03_E09	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	175,87	0,91
P03_E10	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	58,71	0,91
P03_E11	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	15,60	0,91
P03_E14	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	88,87	0,91
P03_E15	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	11,12	0,91

ANEXO E. EXTRACTO DOCUMENTACIÓN DE RESULTADOS DE CÁLCULO

 <b>Calificación Energética</b>	Proyecto Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante	
	Localidad San Vicente del Raspeig	Comunidad Comunidad Valenciana

## 5. Resultados



	Clase	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Demanda calefacción	C	58,3	263529,6
Demanda refrigeración	C	56,7	256205,1
	Clase	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año
Emisiones CO <sub>2</sub> calefacción	A	0,0	0,0
Emisiones CO <sub>2</sub> refrigeración	A	0,0	0,0
Emisiones CO <sub>2</sub> ACS	A	0,0	0,0
Emisiones CO <sub>2</sub> iluminación	D	34,7	156856,1
Emisiones CO <sub>2</sub> totales	D	34,7	156856,1
	Clase	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Consumo energía primaria calefacción	G	0,0	0,0
Consumo energía primaria refrigeración	A	0,0	0,0
Consumo energía primaria ACS	A	0,0	0,0
Consumo energía primaria iluminación	D	236,6	1069418,5
Consumo energía primaria totales	D	236,6	1069418,5

	Proyecto	
	Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante	
	Localidad	Comunidad
	San Vicente del Raspeig	Comunidad Valenciana

## 2. DESCRIPCIÓN GEOMÉTRICA Y CONSTRUCTIVA

### 2.1. Espacios

Nombre	Planta	Uso	Clase higrometria	Área (m²)	Altura (m)
P01_E30	P01	Nivel de estanqueidad 1	3	14,64	3,57
P01_E31	P01	Nivel de estanqueidad 1	3	14,64	3,57
P01_E32	P01	Nivel de estanqueidad 1	3	14,64	3,57
P01_E33	P01	Nivel de estanqueidad 1	3	9,14	3,57
P01_E34	P01	Nivel de estanqueidad 1	3	9,14	3,57
P01_E35	P01	Nivel de estanqueidad 1	3	9,14	3,57
P01_E36	P01	Nivel de estanqueidad 1	3	21,69	3,57
P01_E37	P01	Nivel de estanqueidad 1	3	21,69	3,57
P01_E38	P01	Nivel de estanqueidad 1	3	21,69	3,57
P03_E01	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	58,71	0,91
P03_E02	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	15,60	0,91
P03_E05	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	88,87	0,91
P03_E06	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	88,87	0,91
P03_E07	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	11,12	0,91
P03_E09	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	175,87	0,91
P03_E10	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	58,71	0,91
P03_E11	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	15,60	0,91
P03_E14	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	88,87	0,91
P03_E15	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	11,12	0,91
P03_E17	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	176,87	0,91
P03_E18	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	58,71	0,91




ANEXO E. EXTRACTO DOCUMENTACIÓN DE RESULTADOS DE CÁLCULO

 <b>Calificación Energética</b>	<b>Proyecto</b> Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante	
	<b>Localidad</b> San Vicente del Raspeig	<b>Comunidad</b> Comunidad Valenciana

Nombre	Planta	Uso	Clase higrometria	Área (m²)	Altura (m)
P03_E19	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	15,60	0,91
P03_E22	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	88,87	0,91
P03_E23	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	73,79	0,91
P03_E24	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	11,12	0,91
P03_E26	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	176,87	0,91
P04_E01	P04	Intensidad Media - 8h	3	89,82	3,02
P04_E02	P04	Intensidad Media - 8h	3	159,55	3,02
P04_E03	P04	Intensidad Media - 16h	3	154,48	3,02
P04_E04	P04	Intensidad Baja - 8h	3	10,07	3,02
P04_E07	P04	Intensidad Baja - 8h	3	9,26	3,02
P04_E09	P04	Nivel de estanqueidad 1	3	131,59	3,02
P04_E10	P04	Intensidad Media - 8h	3	89,82	3,02
P04_E11	P04	Intensidad Baja - 8h	3	10,07	3,02
P04_E14	P04	Intensidad Media - 8h	3	159,55	3,02
P04_E15	P04	Intensidad Baja - 8h	3	9,26	3,02
P04_E18	P04	Nivel de estanqueidad 1	3	132,58	3,02
P04_E19	P04	Intensidad Media - 8h	3	89,82	3,02
P04_E20	P04	Intensidad Baja - 8h	3	10,07	3,02
P04_E23	P04	Intensidad Media - 8h	3	159,55	3,02
P04_E24	P04	Intensidad Baja - 8h	3	9,26	3,02
P04_E27	P04	Nivel de estanqueidad 1	3	153,50	3,02
P04_E17	P04	Intensidad Media - 16h	3	206,48	3,02
P04_E26	P04	Intensidad Media - 16h	3	201,88	3,02
P05_E01	P05	Intensidad Media - 8h	3	89,82	3,13
P05_E02	P05	Intensidad Media - 8h	3	159,55	3,13



	Proyecto	Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante	
	Localidad	San Vicente del Raspeig	Comunidad Comunidad Valenciana

Nombre	Planta	Uso	Clase higrometria	Área (m²)	Altura (m)
P05_E03	P05	Intensidad Media - 16h	3	154,48	3,13
P05_E04	P05	Intensidad Baja - 8h	3	10,07	3,13
P05_E07	P05	Intensidad Baja - 8h	3	9,26	3,13
P05_E09	P05	Nivel de estanqueidad 1	3	131,59	3,13
P05_E10	P05	Intensidad Media - 8h	3	89,82	3,13
P05_E11	P05	Intensidad Baja - 8h	3	10,07	3,13
P05_E14	P05	Intensidad Media - 8h	3	159,55	3,13
P05_E15	P05	Intensidad Baja - 8h	3	9,26	3,13
P05_E17	P05	Nivel de estanqueidad 1	3	132,58	3,13
P05_E18	P05	Intensidad Media - 8h	3	89,82	3,13
P05_E19	P05	Intensidad Baja - 8h	3	10,07	3,13
P05_E22	P05	Intensidad Media - 8h	3	159,55	3,13
P05_E23	P05	Intensidad Baja - 8h	3	9,26	3,13
P05_E25	P05	Nivel de estanqueidad 1	3	153,50	3,13
P05_E26	P05	Intensidad Media - 16h	3	206,48	3,13
P05_E27	P05	Intensidad Media - 16h	3	201,88	3,13

## 2.2. Cerramientos opacos

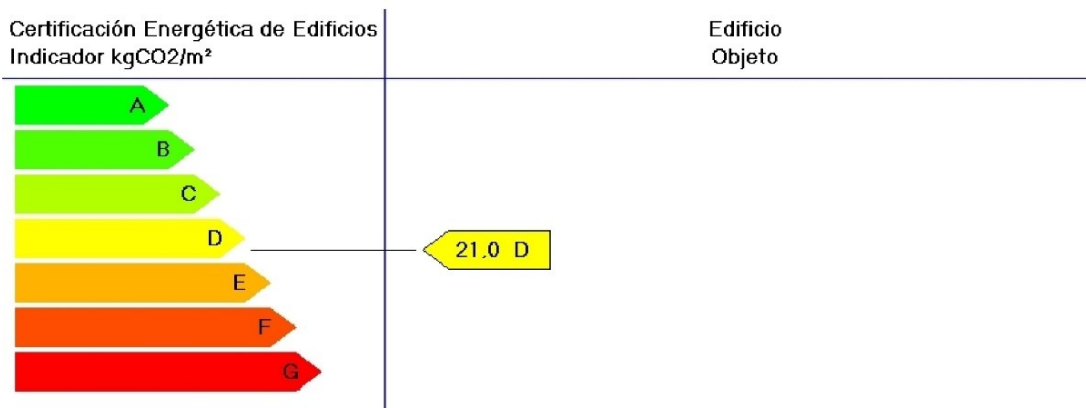
### 2.2.1 Materiales

Nombre	K (W/mK)	e (kg/m³)	Cp (J/kgK)	R (m²K/W)	Z (m²sPa/kg)
Polietileno alta densidad [HDPE]	0,500	980,00	1800,00	-	100000
Hormigón armado 2300 < d < 2500	2,300	2400,00	1000,00	-	80
Cámara de aire sin ventilar vertical 1 cm	-	-	-	0,15	-

ANEXO E. EXTRACTO DOCUMENTACIÓN DE RESULTADOS DE CÁLCULO

 <b>Calificación Energética</b>	Proyecto Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante	
	Localidad San Vicente del Raspeig	Comunidad Comunidad Valenciana

## 5. Resultados



	Clase	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Demanda calefacción	C	34,7	94990,9
Demanda refrigeración	C	39,4	107892,2
	Clase	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año
Emisiones CO <sub>2</sub> calefacción	A	0,0	0,0
Emisiones CO <sub>2</sub> refrigeración	A	0,0	0,0
Emisiones CO <sub>2</sub> ACS	A	0,0	0,0
Emisiones CO <sub>2</sub> iluminación	D	21,0	57496,1
Emisiones CO <sub>2</sub> totales	D	21,0	57496,1
	Clase	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Consumo energía primaria calefacción	A	0,0	0,0
Consumo energía primaria refrigeración	A	0,0	0,0
Consumo energía primaria ACS	A	0,0	0,0
Consumo energía primaria iluminación	D	151,3	414337,2
Consumo energía primaria totales	D	151,3	414337,2

## ANEXO E.4. DOCUMENTO RESULTADOS DE CALENER GT. ESTADO ACTUAL Y PROPUESTAS

Se muestra la calificación energética del estado actual del edificio, del curso académico 2013/14.

### CALENER-GT



## Informe Calificación Versión 3.21

**Proyecto:** Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante

**Fecha:** 08/12/14




DIRECCIÓN GENERAL  
DE ARQUITECTURA  
Y POLÍTICA DE VIVIENDA



IDA Instituto para la  
Diversificación y  
Ahorro de la Energía

ANEXO E. EXTRACTO DOCUMENTACIÓN DE RESULTADOS DE CÁLCULO

Tabla 88. Calificación energética estado actual edificio

	Calificación Energética de Edificios	Proyecto Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante
		Comunidad Autónoma Localidad Zona B4

## 1. DATOS GENERALES

Nombre del Proyecto Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante		
Comunidad Autónoma		Localidad Zona B4
Dirección del Proyecto Ctra. San Vicente del Raspeig s/n		
Autor del Proyecto Rubén Romero Vivancos		
Autor de la Calificación Rubén Romero Vivancos		
E-mail de contacto rubens-romero@hotmail.com		Teléfono de contacto 667958335
Tipo de calificación Edificio existente		Ref. registro catastral Referencia de registro para edificios existentes
Tipo de edificio Destinado a la enseñanza	Cobertura solar mínima CTE-HE 4 (%) 0.0	Energía eléct. con renovables (kWh/año) 0.0
Superficie acondicionada (m²) 6653.96	Superficie no acondicionada (m²) 2647.69	Superficie de plenums (m²) 0.00

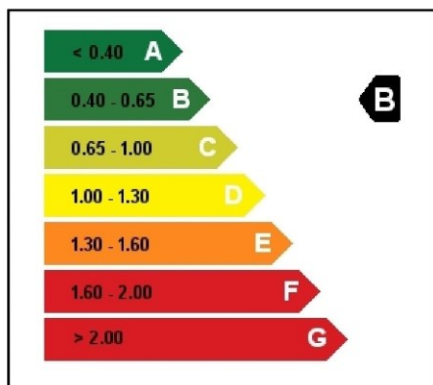
## 2. RESUMEN INDICADORES ENERGÉTICOS ANUALES

Indicador Energético	Edif. Objeto	Edif. Referencia	Índice	Calificación
Demanda Calef. (kW·h/m²)	105.2	237.1	0.44	B
Demanda Refri. (kW·h/m²)	103.0	192.0	0.54	B
Energía Primaria (kW·h/m²)	125.9	189.0	0.67	C

Emisiones Climat. (kg CO2/m²)	22.8	40.8	0.56	B
Emisiones ACS (kg CO2/m²)	0.0	0.0	-1.00	-
Emisiones Ilum. (kg CO2/m²)	8.6	8.1	1.07	D
<b>Emisiones Tot. (kg CO2/m²)</b>	<b>31.4</b>	<b>48.9</b>	<b>0.64</b>	<b>B</b>

Nota: Los valores han sido obtenidos utilizando la suma de las superficies acondicionadas y no acondicionadas


## 3. ETIQUETA Y VALORES TOTALES



Concepto	Edif. Objeto	Edif. Referencia
Energía Final (kWh/año)	449755.8	1223685.0
Energía Final (kWh/(m²año))	48.4	131.6
En. Primaria (kWh/año)	1170714.3	1758279.4
En. Primaria (kWh/(m²año))	125.9	189.0
<b>Emisiones (kg CO2/año)</b>	<b>291891.5</b>	<b>454773.3</b>
<b>Emisiones (kg CO2/(m²año))</b>	<b>31.4</b>	<b>48.9</b>

El consumo real de energía del edificio y sus emisiones de dióxido de carbono dependerán de la climatología y de las condiciones de operación y funcionamiento reales del edificio, entre otros factores.

Tabla 89. Calificación energética con control de lamas horizontales

	Calificación Energética de Edificios	Proyecto Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante	Localidad Zona B4
		Comunidad Autónoma	

## 1. DATOS GENERALES

Nombre del Proyecto Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante		
Comunidad Autónoma		Localidad Zona B4
Dirección del Proyecto Ctra. San Vicente del Raspeig s/n		
Autor del Proyecto Rubén Romero Vivancos		
Autor de la Calificación Rubén Romero Vivancos		
E-mail de contacto rubens-romero@hotmail.com		Teléfono de contacto 667958335
Tipo de calificación Edificio existente		Ref. registro catastral Referencia de registro para edificios existentes
Tipo de edificio Destinado a la enseñanza	Cobertura solar mínima CTE-HE 4 (%) 0.0	Energía eléct. con renovables (kWh/año) 0.0
Superficie acondicionada (m²) 6653.96	Superficie no acondicionada (m²) 2647.69	Superficie de plenums (m²) 0.00

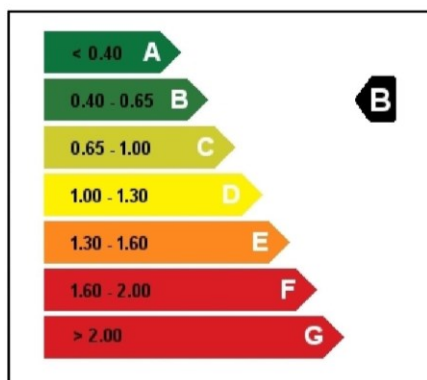
## 2. RESUMEN INDICADORES ENERGÉTICOS ANUALES

Indicador Energético	Edif. Objeto	Edif. Referencia	Índice	Calificación
Demanda Calef. (kW·h/m²)	102.5	237.1	0.43	B
Demanda Refri. (kW·h/m²)	104.0	192.0	0.54	B
Energía Primaria (kW·h/m²)	124.4	189.0	0.66	C

Emisiones Climat. (kg CO2/m²)	22.4	40.8	0.55	B
Emisiones ACS (kg CO2/m²)	0.0	0.0	-1.00	-
Emisiones Ilum. (kg CO2/m²)	8.6	8.1	1.07	D
<b>Emisiones Tot. (kg CO2/m²)</b>	<b>31.0</b>	<b>48.9</b>	<b>0.63</b>	<b>B</b>

Nota: Los valores han sido obtenidos utilizando la suma de las superficies acondicionadas y no acondicionadas

## 3. ETIQUETA Y VALORES TOTALES




Concepto	Edif. Objeto	Edif. Referencia
Energía Final (kWh/año)	444452.4	1223685.0
Energía Final (kWh/(m²año))	47.8	131.6
En. Primaria (kWh/año)	1156909.5	1758279.4
En. Primaria (kWh/(m²año))	124.4	189.0
<b>Emisiones (kg CO2/año)</b>	<b>288449.6</b>	<b>454773.3</b>
<b>Emisiones (kg CO2/(m²año))</b>	<b>31.0</b>	<b>48.9</b>

El consumo real de energía del edificio y sus emisiones de dióxido de carbono dependerán de la climatología y de las condiciones de operación y funcionamiento reales del edificio, entre otros factores.



ANEXO E. EXTRACTO DOCUMENTACIÓN DE RESULTADOS DE CÁLCULO

Tabla 90. Calificación energética Sustitución de vidrios

 Calificación Energética de Edificios	Proyecto Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante	
	Comunidad Autónoma	Localidad Zona B4

## 1. DATOS GENERALES

Nombre del Proyecto Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante		
Comunidad Autónoma		Localidad Zona B4
Dirección del Proyecto Ctra. San Vicente del Raspeig s/n		
Autor del Proyecto Rubén Romero Vivancos		
Autor de la Calificación Rubén Romero Vivancos		
E-mail de contacto rubens-romero@hotmail.com		Teléfono de contacto 667958335
Tipo de calificación Edificio existente		Ref. registro catastral Referencia de registro para edificios existentes
Tipo de edificio Destinado a la enseñanza	Cobertura solar mínima CTE-HE 4 (%) 0.0	Energía eléct. con renovables (kWh/año) 0.0
Superficie acondicionada (m²) 6653.96	Superficie no acondicionada (m²) 2647.69	Superficie de plenums (m²) 0.00

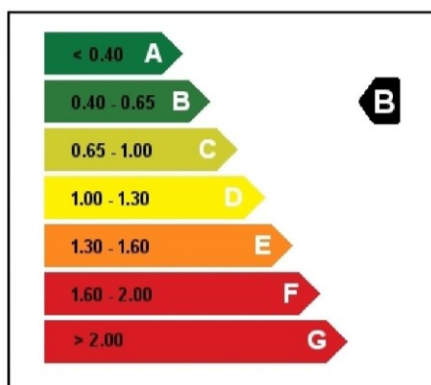
## 2. RESUMEN INDICADORES ENERGÉTICOS ANUALES

Indicador Energético	Edif. Objeto	Edif. Referencia	Índice	Calificación
Demanda Calif. (kW·h/m²)	95.3	237.1	0.40	B
Demanda Refri. (kW·h/m²)	92.1	192.0	0.48	B
Energía Primaria (kW·h/m²)	123.8	189.0	0.66	C

Emisiones Climat. (kg CO2/m²)	22.3	40.8	0.55	B
Emisiones ACS (kg CO2/m²)	0.0	0.0	-1.00	-
Emisiones Ilum. (kg CO2/m²)	8.6	8.1	1.07	D
<b>Emisiones Tot. (kg CO2/m²)</b>	<b>30.9</b>	<b>48.9</b>	<b>0.63</b>	<b>B</b>

Nota: Los valores han sido obtenidos utilizando la suma de las superficies acondicionadas y no acondicionadas

## 3. ETIQUETA Y VALORES TOTALES




Concepto	Edif. Objeto	Edif. Referencia
Energía Final (kWh/año)	442462.6	1223685.0
Energía Final (kWh/(m²año))	47.6	131.6
En. Primaria (kWh/año)	1151730.0	1758279.4
En. Primaria (kWh/(m²año))	123.8	189.0
<b>Emisiones (kg CO2/año)</b>	<b>287158.2</b>	<b>454773.3</b>
<b>Emisiones (kg CO2/(m²año))</b>	<b>30.9</b>	<b>48.9</b>

El consumo real de energía del edificio y sus emisiones de dióxido de carbono dependerán de la climatología y de las condiciones de operación y funcionamiento reales del edificio, entre otros factores.



Tabla 91. Calificación energética Aislamiento de muros exteriores

	Calificación Energética de Edificios	Proyecto Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante
		Comunidad Autónoma Localidad Zona B4

## 1. DATOS GENERALES

Nombre del Proyecto Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante		
Comunidad Autónoma		Localidad Zona B4
Dirección del Proyecto Ctra. San Vicente del Raspeig s/n		
Autor del Proyecto Rubén Romero Vivancos		
Autor de la Calificación Rubén Romero Vivancos		
E-mail de contacto rubens-romero@hotmail.com		Teléfono de contacto 667958335
Tipo de calificación Edificio existente		Ref. registro catastral Referencia de registro para edificios existentes
Tipo de edificio Destinado a la enseñanza	Cobertura solar mínima CTE-HE 4 (%) 0.0	Energía eléct. con renovables (kWh/año) 0.0
Superficie acondicionada (m²) 6653.96	Superficie no acondicionada (m²) 2647.69	Superficie de plenums (m²) 0.00

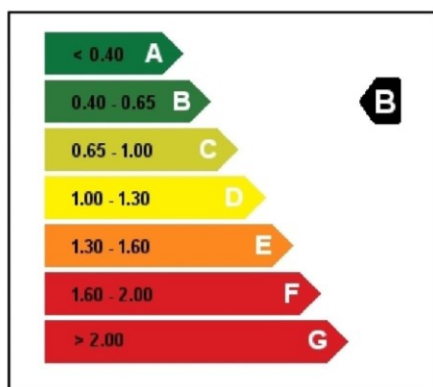
## 2. RESUMEN INDICADORES ENERGÉTICOS ANUALES

Indicador Energético	Edif. Objeto	Edif. Referencia	Índice	Calificación
Demanda Calef. (kW·h/m²)	102.9	237.1	0.43	B
Demanda Refri. (kW·h/m²)	102.1	192.0	0.53	B
Energía Primaria (kW·h/m²)	124.8	189.0	0.66	C

Emisiones Climat. (kg CO2/m²)	22.5	40.8	0.55	B
Emisiones ACS (kg CO2/m²)	0.0	0.0	-1.00	-
Emisiones Ilum. (kg CO2/m²)	8.6	8.1	1.07	D
<b>Emisiones Tot. (kg CO2/m²)</b>	<b>31.1</b>	<b>48.9</b>	<b>0.64</b>	<b>B</b>

Nota: Los valores han sido obtenidos utilizando la suma de las superficies acondicionadas y no acondicionadas

## 3. ETIQUETA Y VALORES TOTALES




Concepto	Edif. Objeto	Edif. Referencia
Energía Final (kWh/año)	445806.8	1223685.0
Energía Final (kWh/(m²año))	47.9	131.6
En. Primaria (kWh/año)	1160435.1	1758279.4
En. Primaria (kWh/(m²año))	124.8	189.0
<b>Emisiones (kg CO2/año)</b>	<b>289328.6</b>	<b>454773.3</b>
<b>Emisiones (kg CO2/(m²año))</b>	<b>31.1</b>	<b>48.9</b>

El consumo real de energía del edificio y sus emisiones de dióxido de carbono dependerán de la climatología y de las condiciones de operación y funcionamiento reales del edificio, entre otros factores.

ANEXO E. EXTRACTO DOCUMENTACIÓN DE RESULTADOS DE CÁLCULO

Tabla 92. Calificación energética Aislamiento de cubiertas

 Calificación Energética de Edificios	Proyecto	Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante	
	Comunidad Autónoma		Localidad Zona B4

## 1. DATOS GENERALES

Nombre del Proyecto			Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante		
Comunidad Autónoma			Localidad		
			Zona B4		
Dirección del Proyecto					
Ctra. San Vicente del Raspeig s/n					
Autor del Proyecto					
Rubén Romero Vivancos					
Autor de la Calificación					
Rubén Romero Vivancos					
E-mail de contacto			Teléfono de contacto		
rubens-romero@hotmail.com			667958335		
Tipo de calificación			Ref. registro catastral		
Edificio existente			Referencia de registro para edificios existentes		
Tipo de edificio		Cobertura solar mínima CTE-HE 4 (%)		Energía eléct. con renovables (kWh/año)	
Destinado a la enseñanza		0.0		0.0	
Superficie acondicionada (m²)		Superficie no acondicionada (m²)		Superficie de plenums (m²)	
6653.96		2647.69		0.00	

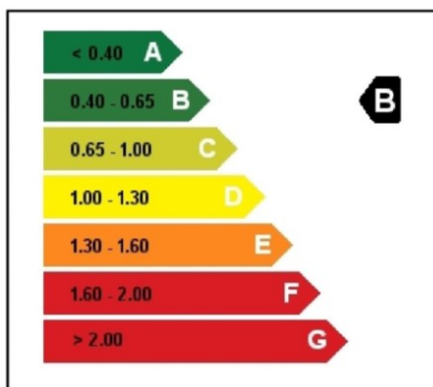
## 2. RESUMEN INDICADORES ENERGÉTICOS ANUALES

Indicador Energético	Edif. Objeto	Edif. Referencia	Índice	Calificación
Demanda Calef. (kW·h/m²)	104.3	237.1	0.44	B
Demanda Refri. (kW·h/m²)	101.7	192.0	0.53	B
Energía Primaria (kW·h/m²)	125.3	189.0	0.66	C

Emisiones Climat. (kg CO2/m²)	22.6	40.8	0.55	B
Emisiones ACS (kg CO2/m²)	0.0	0.0	-1.00	-
Emisiones Ilum. (kg CO2/m²)	8.6	8.1	1.07	D
<b>Emisiones Tot. (kg CO2/m²)</b>	<b>31.3</b>	<b>48.9</b>	<b>0.64</b>	<b>B</b>

Nota: Los valores han sido obtenidos utilizando la suma de las superficies acondicionadas y no acondicionadas


## 3. ETIQUETA Y VALORES TOTALES



Concepto	Edif. Objeto	Edif. Referencia
Energía Final (kWh/año)	447927.2	1223685.0
Energía Final (kWh/(m²año))	48.2	131.6
En. Primaria (kWh/año)	1165954.5	1758279.4
En. Primaria (kWh/(m²año))	125.3	189.0
<b>Emisiones (kg CO2/año)</b>	<b>290704.8</b>	<b>454773.3</b>
<b>Emisiones (kg CO2/(m²año))</b>	<b>31.3</b>	<b>48.9</b>

El consumo real de energía del edificio y sus emisiones de dióxido de carbono dependerán de la climatología y de las condiciones de operación y funcionamiento reales del edificio, entre otros factores.

Tabla 93. Calificación energética Aislamiento de muros y cubiertas

	Calificación Energética de Edificios	Proyecto Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante
		Comunidad Autónoma Localidad Zona B4

## 1. DATOS GENERALES

Nombre del Proyecto Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante		
Comunidad Autónoma		Localidad Zona B4
Dirección del Proyecto Ctra. San Vicente del Raspeig s/n		
Autor del Proyecto Rubén Romero Vivancos		
Autor de la Calificación Rubén Romero Vivancos		
E-mail de contacto rubens-romero@hotmail.com		Teléfono de contacto 667958335
Tipo de calificación Edificio existente		Ref. registro catastral Referencia de registro para edificios existentes
Tipo de edificio Destinado a la enseñanza	Cobertura solar mínima CTE-HE 4 (%) 0.0	Energía eléct. con renovables (kWh/año) 0.0
Superficie acondicionada (m²) 6653.96	Superficie no acondicionada (m²) 2647.69	Superficie de plenums (m²) 0.00

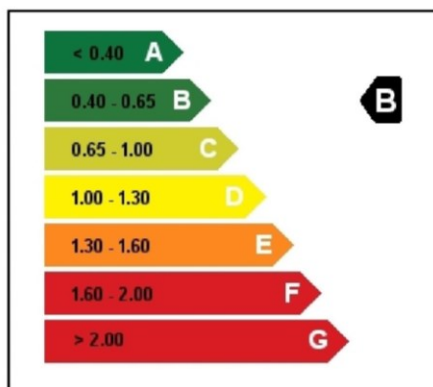
## 2. RESUMEN INDICADORES ENERGÉTICOS ANUALES

Indicador Energético	Edif. Objeto	Edif. Referencia	Índice	Calificación
Demanda Calef. (kW·h/m²)	99.4	237.1	0.42	B
Demanda Refri. (kW·h/m²)	98.4	192.0	0.51	B
Energía Primaria (kW·h/m²)	123.4	189.0	0.65	C

Emisiones Climat. (kg CO2/m²)	22.2	40.8	0.54	B
Emisiones ACS (kg CO2/m²)	0.0	0.0	-1.00	-
Emisiones Ilum. (kg CO2/m²)	8.6	8.1	1.07	D
<b>Emisiones Tot. (kg CO2/m²)</b>	<b>30.8</b>	<b>48.9</b>	<b>0.63</b>	<b>B</b>

Nota: Los valores han sido obtenidos utilizando la suma de las superficies acondicionadas y no acondicionadas

## 3. ETIQUETA Y VALORES TOTALES




Concepto	Edif. Objeto	Edif. Referencia
Energía Final (kWh/año)	441125.3	1223685.0
Energía Final (kWh/(m²año))	47.4	131.6
En. Primaria (kWh/año)	1148249.0	1758279.4
En. Primaria (kWh/(m²año))	123.4	189.0
<b>Emisiones (kg CO2/año)</b>	<b>286290.3</b>	<b>454773.3</b>
<b>Emisiones (kg CO2/(m²año))</b>	<b>30.8</b>	<b>48.9</b>

El consumo real de energía del edificio y sus emisiones de dióxido de carbono dependerán de la climatología y de las condiciones de operación y funcionamiento reales del edificio, entre otros factores.



ANEXO E. EXTRACTO DOCUMENTACIÓN DE RESULTADOS DE CÁLCULO

Tabla 94. Calificación energética Estanqueidad carpinterías

 Calificación Energética de Edificios	Proyecto	Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante	
	Comunidad Autónoma		Localidad Zona B4

## 1. DATOS GENERALES

Nombre del Proyecto			Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante		
Comunidad Autónoma			Localidad		
			Zona B4		
Dirección del Proyecto					
Ctra. San Vicente del Raspeig s/n					
Autor del Proyecto					
Rubén Romero Vivancos					
Autor de la Calificación					
Rubén Romero Vivancos					
E-mail de contacto			Teléfono de contacto		
rubens-romero@hotmail.com			667958335		
Tipo de calificación			Ref. registro catastral		
Edificio existente			Referencia de registro para edificios existentes		
Tipo de edificio		Cobertura solar mínima CTE-HE 4 (%)		Energía eléct. con renovables (kWh/año)	
Destinado a la enseñanza		0.0		0.0	
Superficie acondicionada (m²)		Superficie no acondicionada (m²)		Superficie de plenums (m²)	
6653.96		2647.69		0.00	

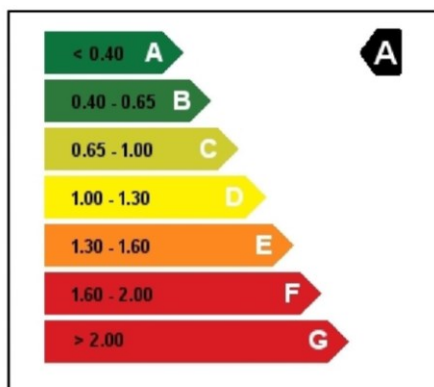
## 2. RESUMEN INDICADORES ENERGÉTICOS ANUALES

Indicador Energético	Edif. Objeto	Edif. Referencia	Índice	Calificación
Demanda Calef. (kW·h/m²)	105.2	903.4	0.12	A
Demanda Refri. (kW·h/m²)	103.0	543.1	0.19	A
Energía Primaria (kW·h/m²)	125.9	504.5	0.25	A

Emisiones Climat. (kg CO2/m²)	22.8	123.3	0.18	A
Emisiones ACS (kg CO2/m²)	0.0	0.0	-1.00	-
Emisiones Ilum. (kg CO2/m²)	8.6	8.1	1.07	D
<b>Emisiones Tot. (kg CO2/m²)</b>	<b>31.4</b>	<b>131.3</b>	<b>0.24</b>	<b>A</b>

Nota: Los valores han sido obtenidos utilizando la suma de las superficies acondicionadas y no acondicionadas


## 3. ETIQUETA Y VALORES TOTALES



Concepto	Edif. Objeto	Edif. Referencia
Energía Final (kWh/año)	449755.8	3535550.3
Energía Final (kWh/(m²año))	48.4	380.1
En. Primaria (kWh/año)	1170714.3	4692366.5
En. Primaria (kWh/(m²año))	125.9	504.5
<b>Emisiones (kg CO2/año)</b>	<b>291891.5</b>	<b>1221732.0</b>
<b>Emisiones (kg CO2/(m²año))</b>	<b>31.4</b>	<b>131.3</b>

El consumo real de energía del edificio y sus emisiones de dióxido de carbono dependerán de la climatología y de las condiciones de operación y funcionamiento reales del edificio, entre otros factores.

Tabla 95. Calificación energética Estanqueidad carpinterías y recuperador de calor

	Calificación Energética de Edificios	Proyecto Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante
		Comunidad Autónoma Localidad Zona B4

## 1. DATOS GENERALES

Nombre del Proyecto			Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante		
Comunidad Autónoma			Localidad		
			Zona B4		
Dirección del Proyecto					
Ctra. San Vicente del Raspeig s/n					
Autor del Proyecto					
Rubén Romero Vivancos					
Autor de la Calificación					
Rubén Romero Vivancos					
E-mail de contacto			Teléfono de contacto		
rubens-romero@hotmail.com			667958335		
Tipo de calificación			Ref. registro catastral		
Edificio existente			Referencia de registro para edificios existentes		
Tipo de edificio		Cobertura solar mínima CTE-HE 4 (%)		Energía eléct. con renovables (kWh/año)	
Destinado a la enseñanza		0.0		0.0	
Superficie acondicionada (m²)		Superficie no acondicionada (m²)		Superficie de plenums (m²)	
6691.96		2647.69		0.00	

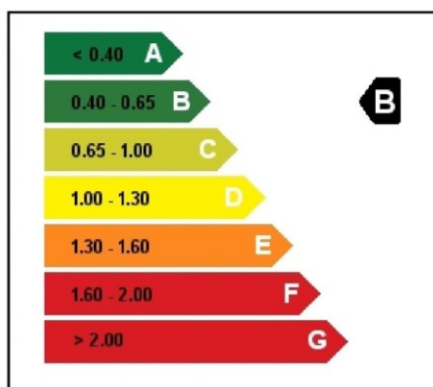
## 2. RESUMEN INDICADORES ENERGÉTICOS ANUALES

Indicador Energético	Edif. Objeto	Edif. Referencia	Índice	Calificación
Demanda Calef. (kW·h/m²)	82.8	495.6	0.17	A
Demanda Refri. (kW·h/m²)	91.5	327.4	0.28	A
Energía Primaria (kW·h/m²)	143.5	333.5	0.43	B

Emisiones Climat. (kg CO2/m²)	27.2	78.4	0.35	A
Emisiones ACS (kg CO2/m²)	0.0	0.0	-1.00	-
Emisiones Ilum. (kg CO2/m²)	8.6	8.0	1.07	D
<b>Emisiones Tot. (kg CO2/m²)</b>	<b>35.8</b>	<b>86.4</b>	<b>0.41</b>	<b>B</b>

Nota: Los valores han sido obtenidos utilizando la suma de las superficies acondicionadas y no acondicionadas

## 3. ETIQUETA Y VALORES TOTALES




Concepto	Edif. Objeto	Edif. Referencia
Energía Final (kWh/año)	515009.7	2219095.0
Energía Final (kWh/(m²año))	55.1	237.6
En. Primaria (kWh/año)	1340570.1	3114489.0
En. Primaria (kWh/(m²año))	143.5	333.5
<b>Emisiones (kg CO2/año)</b>	<b>334241.3</b>	<b>807093.4</b>
<b>Emisiones (kg CO2/(m²año))</b>	<b>35.8</b>	<b>86.4</b>

El consumo real de energía del edificio y sus emisiones de dióxido de carbono dependerán de la climatología y de las condiciones de operación y funcionamiento reales del edificio, entre otros factores.

ANEXO E. EXTRACTO DOCUMENTACIÓN DE RESULTADOS DE CÁLCULO

Tabla 96. Calificación energética con Iluminación LED

 Calificación Energética de Edificios	Proyecto	Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante	
	Comunidad Autónoma		Localidad Zona B4

## 1. DATOS GENERALES

Nombre del Proyecto			Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante		
Comunidad Autónoma			Localidad		
			Zona B4		
Dirección del Proyecto					
Ctra. San Vicente del Raspeig s/n					
Autor del Proyecto					
Rubén Romero Vivancos					
Autor de la Calificación					
Rubén Romero Vivancos					
E-mail de contacto			Teléfono de contacto		
rubens-romero@hotmail.com			667958335		
Tipo de calificación			Ref. registro catastral		
Edificio existente			Referencia de registro para edificios existentes		
Tipo de edificio		Cobertura solar mínima CTE-HE 4 (%)		Energía eléct. con renovables (kWh/año)	
Destinado a la enseñanza		0.0		0.0	
Superficie acondicionada (m²)		Superficie no acondicionada (m²)		Superficie de plenums (m²)	
6653.96		2647.69		0.00	

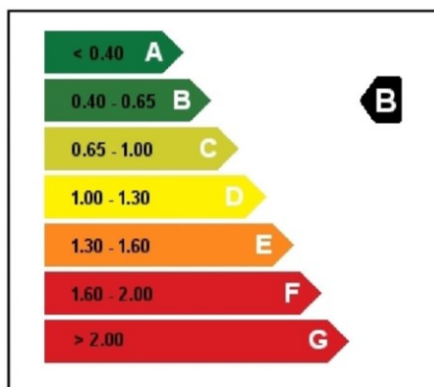
## 2. RESUMEN INDICADORES ENERGÉTICOS ANUALES

Indicador Energético	Edif. Objeto	Edif. Referencia	Índice	Calificación
Demanda Calef. (kW·h/m²)	107.7	235.9	0.46	B
Demanda Refri. (kW·h/m²)	98.8	192.1	0.51	B
Energía Primaria (kW·h/m²)	106.3	192.9	0.55	B

Emisiones Climat. (kg CO2/m²)	22.9	40.7	0.56	B
Emisiones ACS (kg CO2/m²)	0.0	0.0	-1.00	-
Emisiones Ilum. (kg CO2/m²)	3.6	9.1	0.40	A
<b>Emisiones Tot. (kg CO2/m²)</b>	<b>26.5</b>	<b>49.8</b>	<b>0.53</b>	<b>B</b>

Nota: Los valores han sido obtenidos utilizando la suma de las superficies acondicionadas y no acondicionadas

## 3. ETIQUETA Y VALORES TOTALES




Concepto	Edif. Objeto	Edif. Referencia
Energía Final (kWh/año)	379712.6	1232055.5
Energía Final (kWh/(m²año))	40.8	132.5
En. Primaria (kWh/año)	988391.9	1794370.4
En. Primaria (kWh/(m²año))	106.3	192.9
<b>Emisiones (kg CO2/año)</b>	<b>246433.5</b>	<b>463607.6</b>
<b>Emisiones (kg CO2/(m²año))</b>	<b>26.5</b>	<b>49.8</b>

El consumo real de energía del edificio y sus emisiones de dióxido de carbono dependerán de la climatología y de las condiciones de operación y funcionamiento reales del edificio, entre otros factores.



Tabla 97. Calificación energética con Instalación Fotovoltaica

	Calificación Energética de Edificios	Proyecto Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante
		Comunidad Autónoma Localidad Zona B4

## 1. DATOS GENERALES

Nombre del Proyecto			Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante		
Comunidad Autónoma			Localidad		
			Zona B4		
Dirección del Proyecto					
Ctra. San Vicente del Raspeig s/n					
Autor del Proyecto					
Rubén Romero Vivancos					
Autor de la Calificación					
Rubén Romero Vivancos					
E-mail de contacto			Teléfono de contacto		
rubens-romero@hotmail.com			667958335		
Tipo de calificación			Ref. registro catastral		
Edificio existente			Referencia de registro para edificios existentes		
Tipo de edificio		Cobertura solar mínima CTE-HE 4 (%)		Energía eléct. con renovables (kWh/año)	
Destinado a la enseñanza		0.0		64058.0	
Superficie acondicionada (m²)		Superficie no acondicionada (m²)		Superficie de plenums (m²)	
6653.96		2647.69		0.00	

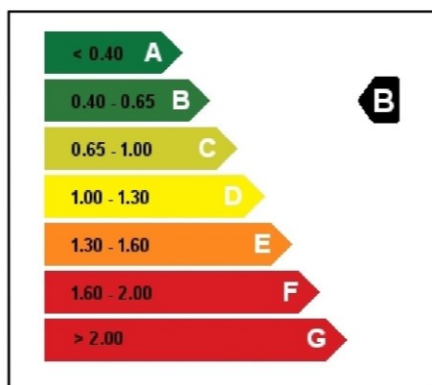
## 2. RESUMEN INDICADORES ENERGÉTICOS ANUALES

Indicador Energético	Edif. Objeto	Edif. Referencia	Índice	Calificación
Demanda Calef. (kW·h/m²)	105.2	237.1	0.44	B
Demanda Refri. (kW·h/m²)	103.0	192.0	0.54	B
Energía Primaria (kW·h/m²)	111.5	189.0	0.59	B

Emisiones Climat. (kg CO2/m²)	20.2	40.8	0.49	B
Emisiones ACS (kg CO2/m²)	0.0	0.0	-1.00	-
Emisiones Ilum. (kg CO2/m²)	7.6	8.1	0.94	C
<b>Emisiones Tot. (kg CO2/m²)</b>	<b>27.8</b>	<b>48.9</b>	<b>0.57</b>	<b>B</b>

Nota: Los valores han sido obtenidos utilizando la suma de las superficies acondicionadas y no acondicionadas

## 3. ETIQUETA Y VALORES TOTALES




Concepto	Edif. Objeto	Edif. Referencia
Energía Final (kWh/año)	449755.8	1223685.0
Energía Final (kWh/(m²año))	48.4	131.6
En. Primaria (kWh/año)	1036916.2	1758279.4
En. Primaria (kWh/(m²año))	111.5	189.0
<b>Emisiones (kg CO2/año)</b>	<b>258531.9</b>	<b>454773.3</b>
<b>Emisiones (kg CO2/(m²año))</b>	<b>27.8</b>	<b>48.9</b>

El consumo real de energía del edificio y sus emisiones de dióxido de carbono dependerán de la climatología y de las condiciones de operación y funcionamiento reales del edificio, entre otros factores.

ANEXO E. EXTRACTO DOCUMENTACIÓN DE RESULTADOS DE CÁLCULO

Tabla 98. Calificación energética con Instalación geotérmica con bombas geotérmicas

	Calificación Energética de Edificios	Proyecto Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante
		Comunidad Autónoma Localidad Zona B4

## 1. DATOS GENERALES

Nombre del Proyecto Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante		
Comunidad Autónoma		Localidad Zona B4
Dirección del Proyecto Ctra. San Vicente del Raspeig s/n		
Autor del Proyecto Rubén Romero Vivancos		
Autor de la Calificación Rubén Romero Vivancos		
E-mail de contacto rubens-romero@hotmail.com		Teléfono de contacto 667958335
Tipo de calificación Edificio existente		Ref. registro catastral Referencia de registro para edificios existentes
Tipo de edificio Destinado a la enseñanza	Cobertura solar mínima CTE-HE 4 (%) 0.0	Energía eléct. con renovables (kWh/año) 0.0
Superficie acondicionada (m²) 6653.96	Superficie no acondicionada (m²) 2647.69	Superficie de plenums (m²) 0.00

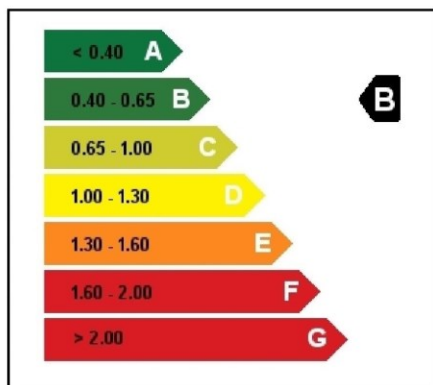
## 2. RESUMEN INDICADORES ENERGÉTICOS ANUALES

Indicador Energético	Edif. Objeto	Edif. Referencia	Índice	Calificación
Demanda Calef. (kW·h/m²)	105.2	237.1	0.44	B
Demanda Refri. (kW·h/m²)	103.0	192.0	0.54	B
Energía Primaria (kW·h/m²)	105.4	189.0	0.56	B

Emisiones Climat. (kg CO2/m²)	17.7	40.8	0.43	B
Emisiones ACS (kg CO2/m²)	0.0	0.0	-1.00	-
Emisiones Ilum. (kg CO2/m²)	8.6	8.1	1.07	D
<b>Emisiones Tot. (kg CO2/m²)</b>	<b>26.3</b>	<b>48.9</b>	<b>0.54</b>	<b>B</b>

Nota: Los valores han sido obtenidos utilizando la suma de las superficies acondicionadas y no acondicionadas


## 3. ETIQUETA Y VALORES TOTALES



Concepto	Edif. Objeto	Edif. Referencia
Energía Final (kWh/año)	376670.9	1223685.0
Energía Final (kWh/(m²año))	40.5	131.6
En. Primaria (kWh/año)	980474.3	1758279.4
En. Primaria (kWh/(m²año))	105.4	189.0
<b>Emisiones (kg CO2/año)</b>	<b>244459.4</b>	<b>454773.3</b>
<b>Emisiones (kg CO2/(m²año))</b>	<b>26.3</b>	<b>48.9</b>

El consumo real de energía del edificio y sus emisiones de dióxido de carbono dependerán de la climatología y de las condiciones de operación y funcionamiento reales del edificio, entre otros factores.

Tabla 99. Calificación energética con propuesta de Rehabilitación energética Básica

	Calificación Energética de Edificios	Proyecto Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante
		Comunidad Autónoma Localidad Zona B4

## 1. DATOS GENERALES

Nombre del Proyecto Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante		
Comunidad Autónoma		Localidad Zona B4
Dirección del Proyecto Ctra. San Vicente del Raspeig s/n		
Autor del Proyecto Rubén Romero Vivancos		
Autor de la Calificación Rubén Romero Vivancos		
E-mail de contacto rubens-romero@hotmail.com		Teléfono de contacto 667958335
Tipo de calificación Edificio existente		Ref. registro catastral Referencia de registro para edificios existentes
Tipo de edificio Destinado a la enseñanza	Cobertura solar mínima CTE-HE 4 (%) 0.0	Energía eléct. con renovables (kWh/año) 0.0
Superficie acondicionada (m²) 6653.96	Superficie no acondicionada (m²) 2647.69	Superficie de plenums (m²) 0.00

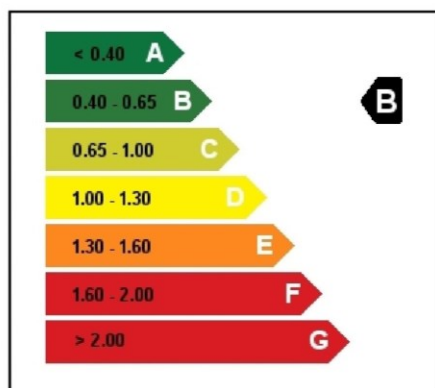
## 2. RESUMEN INDICADORES ENERGÉTICOS ANUALES

Indicador Energético	Edif. Objeto	Edif. Referencia	Índice	Calificación
Demanda Calef. (kW·h/m²)	90.3	235.9	0.38	A
Demanda Refri. (kW·h/m²)	83.7	192.1	0.44	B
Energía Primaria (kW·h/m²)	100.8	192.9	0.52	B

Emisiones Climat. (kg CO2/m²)	21.5	40.7	0.53	B
Emisiones ACS (kg CO2/m²)	0.0	0.0	-1.00	-
Emisiones Ilum. (kg CO2/m²)	3.6	9.1	0.40	A
<b>Emisiones Tot. (kg CO2/m²)</b>	<b>25.1</b>	<b>49.8</b>	<b>0.50</b>	<b>B</b>

Nota: Los valores han sido obtenidos utilizando la suma de las superficies acondicionadas y no acondicionadas

## 3. ETIQUETA Y VALORES TOTALES




Concepto	Edif. Objeto	Edif. Referencia
Energía Final (kWh/año)	360069.7	1232055.5
Energía Final (kWh/(m²año))	38.7	132.5
En. Primaria (kWh/año)	937261.4	1794370.5
En. Primaria (kWh/(m²año))	100.8	192.9
<b>Emisiones (kg CO2/año)</b>	<b>233685.2</b>	<b>463607.6</b>
<b>Emisiones (kg CO2/(m²año))</b>	<b>25.1</b>	<b>49.8</b>

El consumo real de energía del edificio y sus emisiones de dióxido de carbono dependerán de la climatología y de las condiciones de operación y funcionamiento reales del edificio, entre otros factores.



ANEXO E. EXTRACTO DOCUMENTACIÓN DE RESULTADOS DE CÁLCULO

Tabla 100. Calificación energética. Rehabilitación energética integral de la envolvente térmica

	Calificación Energética de Edificios	Proyecto Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante
		Comunidad Autónoma Localidad Zona B4

## 1. DATOS GENERALES

Nombre del Proyecto Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante		
Comunidad Autónoma		Localidad Zona B4
Dirección del Proyecto Ctra. San Vicente del Raspeig s/n		
Autor del Proyecto Rubén Romero Vivancos		
Autor de la Calificación Rubén Romero Vivancos		
E-mail de contacto rubens-romero@hotmail.com		Teléfono de contacto 667958335
Tipo de calificación Edificio existente		Ref. registro catastral Referencia de registro para edificios existentes
Tipo de edificio Destinado a la enseñanza	Cobertura solar mínima CTE-HE 4 (%) 0.0	Energía eléct. con renovables (kWh/año) 0.0
Superficie acondicionada (m²) 6691.96	Superficie no acondicionada (m²) 2647.69	Superficie de plenums (m²) 0.00

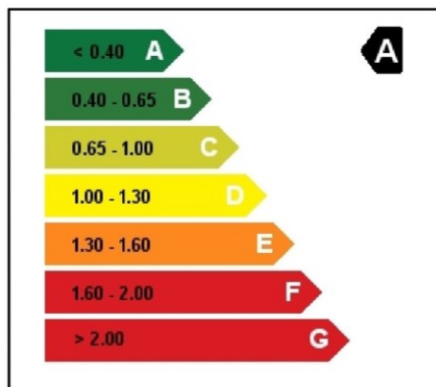
## 2. RESUMEN INDICADORES ENERGÉTICOS ANUALES

Indicador Energético	Edif. Objeto	Edif. Referencia	Índice	Calificación
Demanda Calef. (kW·h/m²)	67.9	494.3	0.14	A
Demanda Refri. (kW·h/m²)	72.3	327.3	0.22	A
Energía Primaria (kW·h/m²)	118.1	337.2	0.35	A

Emisiones Climat. (kg CO2/m²)	25.8	78.2	0.33	A
Emisiones ACS (kg CO2/m²)	0.0	0.0	-1.00	-
Emisiones Ilum. (kg CO2/m²)	3.6	9.1	0.40	A
<b>Emisiones Tot. (kg CO2/m²)</b>	<b>29.5</b>	<b>87.3</b>	<b>0.34</b>	<b>A</b>

Nota: Los valores han sido obtenidos utilizando la suma de las superficies acondicionadas y no acondicionadas


## 3. ETIQUETA Y VALORES TOTALES



Concepto	Edif. Objeto	Edif. Referencia
Energía Final (kWh/año)	423833.4	2226897.0
Energía Final (kWh/(m²año))	45.4	238.4
En. Primaria (kWh/año)	1103238.3	3149563.0
En. Primaria (kWh/(m²año))	118.1	337.2
<b>Emisiones (kg CO2/año)</b>	<b>275067.8</b>	<b>815668.8</b>
<b>Emisiones (kg CO2/(m²año))</b>	<b>29.5</b>	<b>87.3</b>

El consumo real de energía del edificio y sus emisiones de dióxido de carbono dependerán de la climatología y de las condiciones de operación y funcionamiento reales del edificio, entre otros factores.

Tabla 101. Calificación energética. Rehabilitación energética de la envolvente térmica con sistema fotovoltaico

	Calificación Energética de Edificios	Proyecto Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante
		Comunidad Autónoma Localidad Zona B4

## 1. DATOS GENERALES

Nombre del Proyecto			Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante		
Comunidad Autónoma			Localidad		
			Zona B4		
Dirección del Proyecto					
Ctra. San Vicente del Raspeig s/n					
Autor del Proyecto					
Rubén Romero Vivancos					
Autor de la Calificación					
Rubén Romero Vivancos					
E-mail de contacto			Teléfono de contacto		
rubens-romero@hotmail.com			667958335		
Tipo de calificación			Ref. registro catastral		
Edificio existente			Referencia de registro para edificios existentes		
Tipo de edificio		Cobertura solar mínima CTE-HE 4 (%)		Energía eléct. con renovables (kWh/año)	
Destinado a la enseñanza		0.0		64058.0	
Superficie acondicionada (m²)		Superficie no acondicionada (m²)		Superficie de plenums (m²)	
6691.96		2647.69		0.00	

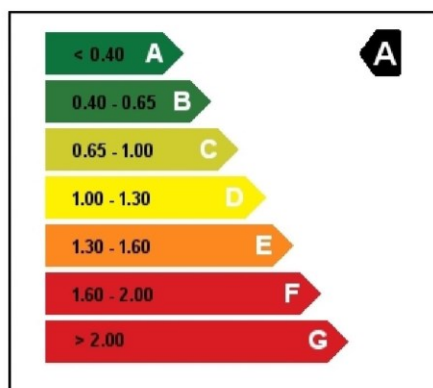
## 2. RESUMEN INDICADORES ENERGÉTICOS ANUALES

Indicador Energético	Edif. Objeto	Edif. Referencia	Índice	Calificación
Demanda Calef. (kW·h/m²)	67.9	494.3	0.14	A
Demanda Refri. (kW·h/m²)	72.3	327.3	0.22	A
Energía Primaria (kW·h/m²)	104.0	337.2	0.31	A

Emisiones Climat. (kg CO2/m²)	22.7	78.2	0.29	A
Emisiones ACS (kg CO2/m²)	0.0	0.0	-1.00	-
Emisiones Ilum. (kg CO2/m²)	3.2	9.1	0.35	A
<b>Emisiones Tot. (kg CO2/m²)</b>	<b>25.9</b>	<b>87.3</b>	<b>0.30</b>	<b>A</b>

Nota: Los valores han sido obtenidos utilizando la suma de las superficies acondicionadas y no acondicionadas

## 3. ETIQUETA Y VALORES TOTALES




Concepto	Edif. Objeto	Edif. Referencia
Energía Final (kWh/año)	423833.4	2226897.0
Energía Final (kWh/(m²año))	45.4	238.4
En. Primaria (kWh/año)	971037.8	3149563.0
En. Primaria (kWh/(m²año))	104.0	337.2
<b>Emisiones (kg CO2/año)</b>	<b>242106.6</b>	<b>815668.8</b>
<b>Emisiones (kg CO2/(m²año))</b>	<b>25.9</b>	<b>87.3</b>

El consumo real de energía del edificio y sus emisiones de dióxido de carbono dependerán de la climatología y de las condiciones de operación y funcionamiento reales del edificio, entre otros factores.

ANEXO E. EXTRACTO DOCUMENTACIÓN DE RESULTADOS DE CÁLCULO

Tabla 102. Calificación energética. Rehabilitación energética de la envolvente térmica con instalación geotérmica

 Calificación Energética de Edificios	Proyecto Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante	
	Comunidad Autónoma	Localidad Zona B4

## 1. DATOS GENERALES

Nombre del Proyecto Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante		
Comunidad Autónoma		Localidad Zona B4
Dirección del Proyecto Ctra. San Vicente del Raspeig s/n		
Autor del Proyecto Rubén Romero Vivancos		
Autor de la Calificación Rubén Romero Vivancos		
E-mail de contacto rubens-romero@hotmail.com		Teléfono de contacto 667958335
Tipo de calificación Edificio existente		Ref. registro catastral Referencia de registro para edificios existentes
Tipo de edificio Destinado a la enseñanza	Cobertura solar mínima CTE-HE 4 (%) 0.0	Energía eléct. con renovables (kWh/año) 0.0
Superficie acondicionada (m²) 6691.96	Superficie no acondicionada (m²) 2647.69	Superficie de plenums (m²) 0.00

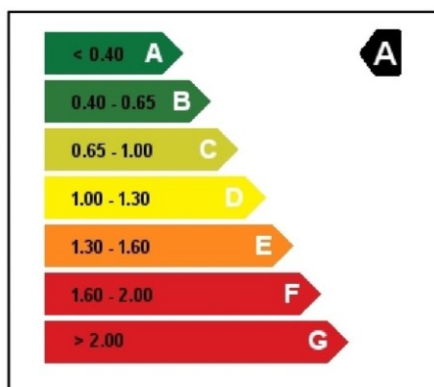
## 2. RESUMEN INDICADORES ENERGÉTICOS ANUALES

Indicador Energético	Edif. Objeto	Edif. Referencia	Índice	Calificación
Demanda Calef. (kW·h/m²)	67.9	494.3	0.14	A
Demanda Refri. (kW·h/m²)	72.3	327.3	0.22	A
Energía Primaria (kW·h/m²)	98.8	337.2	0.29	A

Emisiones Climat. (kg CO2/m²)	21.0	78.2	0.27	A
Emisiones ACS (kg CO2/m²)	0.0	0.0	-1.00	-
Emisiones Ilum. (kg CO2/m²)	3.6	9.1	0.40	A
<b>Emisiones Tot. (kg CO2/m²)</b>	<b>24.6</b>	<b>87.3</b>	<b>0.28</b>	<b>A</b>

Nota: Los valores han sido obtenidos utilizando la suma de las superficies acondicionadas y no acondicionadas

## 3. ETIQUETA Y VALORES TOTALES




Concepto	Edif. Objeto	Edif. Referencia
Energía Final (kWh/año)	354462.4	2226897.0
Energía Final (kWh/(m²año))	38.0	238.4
En. Primaria (kWh/año)	922665.8	3149563.0
En. Primaria (kWh/(m²año))	98.8	337.2
<b>Emisiones (kg CO2/año)</b>	<b>230046.1</b>	<b>815668.8</b>
<b>Emisiones (kg CO2/(m²año))</b>	<b>24.6</b>	<b>87.3</b>

El consumo real de energía del edificio y sus emisiones de dióxido de carbono dependerán de la climatología y de las condiciones de operación y funcionamiento reales del edificio, entre otros factores.



Tabla 103. Calificación energética. Rehabilitación energética integral combinada

	Calificación Energética de Edificios	Proyecto Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante
		Comunidad Autónoma Localidad Zona B4

## 1. DATOS GENERALES

Nombre del Proyecto			Escuela Politécnica Superior IV Universidad de Alicante		
Comunidad Autónoma			Localidad		
			Zona B4		
Dirección del Proyecto					
Ctra. San Vicente del Raspeig s/n					
Autor del Proyecto					
Rubén Romero Vivancos					
Autor de la Calificación					
Rubén Romero Vivancos					
E-mail de contacto			Teléfono de contacto		
rubens-romero@hotmail.com			667958335		
Tipo de calificación			Ref. registro catastral		
Edificio existente			Referencia de registro para edificios existentes		
Tipo de edificio		Cobertura solar mínima CTE-HE 4 (%)		Energía eléct. con renovables (kWh/año)	
Destinado a la enseñanza		0.0		64058.0	
Superficie acondicionada (m²)		Superficie no acondicionada (m²)		Superficie de plenums (m²)	
6691.96		2647.69		0.00	

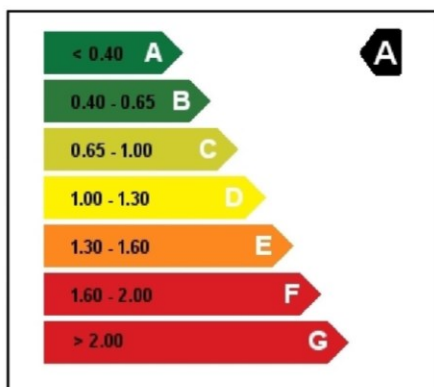
## 2. RESUMEN INDICADORES ENERGÉTICOS ANUALES

Indicador Energético	Edif. Objeto	Edif. Referencia	Índice	Calificación
Demanda Calef. (kW·h/m²)	67.9	494.3	0.14	A
Demanda Refri. (kW·h/m²)	72.3	327.3	0.22	A
Energía Primaria (kW·h/m²)	85.1	337.2	0.25	A

Emisiones Climat. (kg CO2/m²)	18.1	78.2	0.23	A
Emisiones ACS (kg CO2/m²)	0.0	0.0	-1.00	-
Emisiones Ilum. (kg CO2/m²)	3.1	9.1	0.34	A
<b>Emisiones Tot. (kg CO2/m²)</b>	<b>21.2</b>	<b>87.3</b>	<b>0.24</b>	<b>A</b>

Nota: Los valores han sido obtenidos utilizando la suma de las superficies acondicionadas y no acondicionadas

## 3. ETIQUETA Y VALORES TOTALES



Concepto	Edif. Objeto	Edif. Referencia
Energía Final (kWh/año)	354204.2	2226897.0
Energía Final (kWh/(m²año))	37.9	238.4
En. Primaria (kWh/año)	794965.9	3149563.0
En. Primaria (kWh/(m²año))	85.1	337.2
<b>Emisiones (kg CO2/año)</b>	<b>198207.0</b>	<b>815668.8</b>
<b>Emisiones (kg CO2/(m²año))</b>	<b>21.2</b>	<b>87.3</b>

El consumo real de energía del edificio y sus emisiones de dióxido de carbono dependerán de la climatología y de las condiciones de operación y funcionamiento reales del edificio, entre otros factores.

## ANEXO F. CONSUMOS ENERGÉTICOS DEL EDIFICIO Y PRECIO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

Se detallan los cálculos estimados de consumos de iluminación y equipamiento, que son mucho más ajustados que los datos resultantes de *Calener GT*, porque se conocen las horas exactas de uso de cada aula del edificio y se ha contabilizado las luminarias y equipamiento de todos los espacios del edificio, considerando sus correspondientes consumos individuales y los consumos eléctricos indirectos debido a la instalación, como la energía reactiva.

Por otra parte, se muestra comparativamente el consumo eléctrico y el precio de la energía eléctrica de la *Escuela Politécnica IV* respecto a todos los edificios de la universidad, para todos los meses de los años 2013 y 2014. Así se puede ver la evolución del precio de la energía eléctrica y el gasto eléctrico que implica el funcionamiento normal de los edificios de la Universidad de Alicante.

Los datos han sido proporcionados por la *Oficina Técnica*, pero los gastos económicos en electricidad son calculados, así mismo como su variación mensual.

Finalmente, se muestra una tabla comparativa de la *Escuela Politécnica Superior IV* frente al resto de edificios de la Universidad de Alicante, en función del consumo eléctrico anual y de la superficie útil disponible de los edificios, con la finalidad de conocer la relevancia del consumo del edificio de estudio respecto del resto.

## ANEXO F.1. CÁLCULO DE CONSUMOS DE ILUMINACIÓN Y EQUIPAMIENTO DEL EDIFICIO

Se detalla por plantas y uso de espacio, el resumen de potencia de iluminación y equipamiento con sus respectivos consumos eléctricos anuales, estimados calculados de forma independiente, para ajustar los resultados de cálculo del modelo de *Calener GT*.

Tabla 104. Resumen potencia iluminación instalada (W) por plantas y usos

Potencia Iluminación (W)	Planta sótano	Planta baja	Planta 1ª	Planta 2ª	Total Uso	% Uso
Aulas	28.122	25.456	-	-	<b>53.578</b>	42,76%
Salas, Talleres, Laboratorios	9.954	5.528	-	-	<b>15.482</b>	12,36%
Despachos	-	-	19.008	19.008	<b>38.016</b>	30,34%
Aseos	936	1.044	864	864	<b>3.708</b>	2,96%
Pasillos exteriores	3.828	3.069	-	-	<b>6.897</b>	5,50%
Pasillos interiores	759	594	3.135	3.135	<b>7.623</b>	6,08%
<b>Total Planta</b>	<b>43.599</b>	<b>35.691</b>	<b>23.007</b>	<b>23.007</b>	<b>125.304</b>	100,00%
% Planta	34,79%	28,48%	18,36%	18,36%	100,00%	

Tabla 105. Resumen consumos iluminación (kWh/año) por plantas y usos

Consumo Iluminación (kWh/año)	Planta sótano	Planta baja	Planta 1ª	Planta 2ª	Total Uso	% Uso
Aulas	17.115,39	15.852,57	-	-	<b>32.967,96</b>	45,50%
Salas, Talleres, Laboratorios	5.964,04	2.068,24	-	-	<b>8.032,27</b>	11,09%
Despachos	-	-	11.248,45	11.083,20	<b>22.331,64</b>	30,82%
Aseos	108,79	121,93	55,01	55,01	<b>340,73</b>	0,47%
Pasillos exteriores	2.848,96	2.304,29	-	-	<b>5.153,25</b>	7,11%
Pasillos interiores	564,88	1.014,96	1.025,38	1.025,38	<b>3.630,59</b>	5,01%
<b>Total Planta</b>	<b>26.602,05</b>	<b>21.361,98</b>	<b>12.328,83</b>	<b>12.163,58</b>	<b>72.456,45</b>	100,00%
% Planta	36,71%	29,48%	17,02%	16,79%	100,00%	<b>94.193,38</b>

Tabla 106. Resumen potencia equipamiento instalado (W) por plantas y usos

Potencia Equipos (W)	Planta sótano	Planta baja	Planta 1ª	Planta 2ª	Total Uso	% Uso
Aulas	36.500	55.000	-	-	<b>91.500,00</b>	53,02%
Salas, Talleres, Laboratorios	13.456	8.703	-	-	<b>22.158,75</b>	12,84%
Despachos	-	-	29.456	29.456	<b>58.912,50</b>	34,14%
<b>Total Planta</b>	<b>49.956</b>	<b>63.703</b>	<b>29.456</b>	<b>29.456</b>	<b>172.571,25</b>	100,00%
% Planta	28,95%	36,91%	17,07%	17,07%	100,00%	

Tabla 107. Resumen consumos equipamiento (kWh/año) por plantas y usos

Consumo Equipos (kWh/año)	Planta sótano	Planta baja	Planta 1ª	Planta 2ª	Total Uso	% Uso
Aulas	14.571,15	19.206,76	-	-	<b>33.777,91</b>	50,80%
Salas, Talleres, Laboratorios	5.821,00	3.679,20	-	-	<b>9.500,20</b>	14,29%
Despachos	-	-	11.606,69	11.606,69	<b>23.213,38</b>	34,91%
<b>Total Planta</b>	<b>20.392,15</b>	<b>22.885,96</b>	<b>11.606,69</b>	<b>11.606,69</b>	<b>66.491,49</b>	100,00%
% Planta	30,67%	34,42%	17,46%	17,46%	100,00%	<b>79.789,78</b>

Fuente: cálculos de elaboración propia

ANEXO F. CONSUMOS ENERGÉTICOS DEL EDIFICIO Y PRECIO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

Tabla 108. Cálculo de potencias y consumos de iluminación de las aulas

AULA	Tipo Luminaria	UD. Grupo	Líneas luz	Cantidad Grupo	Potencia Ud. (W)	Potencia Lum. (W)	Reactancia +Balasto (W)	Total Reactancia (W)	Potencia Total (W)	Ocupación horas	Coef. USO	Consumo Ilum. máx. (kWh/año)	Consumo Ilum. (kWh/año)	Superficie (m2)	Consumo Ilum. (kWh/m²*año)
EP/S-01D	T-8 2x36W 1,20 m	2	3	8	36	1728	7	336	2064	1076	62,27%	2220,86	1382,99	141,07	9,80
EP/S-02M	T-8 2x36W 1,20 m	2	3	8	36	1728	7	336	2064	952	62,27%	1964,93	1223,61	141,07	8,67
EP/S-03D	T-8 2x36W 1,20 m	2	3	8	36	1728	7	336	2064	1164	62,27%	2402,50	1496,10	141,07	10,61
EP/S-04E	T-8 2x36W 1,20 m	2	5	8	36	2880	7	560	3440	887	62,27%	3051,28	1900,12	146,86	12,94
EP/S-05D	T-8 2x36W 1,20 m	2	3	5	36	1080	7	210	1290	60	62,27%	77,40	48,20	70,53	0,68
EP/S-06D	T-8 2x36W 1,20 m	2	4	8	36	2304	7	448	2752	952	62,27%	2619,90	1631,49	176,87	9,22
EP/S-07D	T-8 2x36W 1,20 m	2	4	8	36	2304	7	448	2752	640	62,27%	1761,28	1096,80	176,87	6,20
EP/S-08M	T-8 2x36W 1,20 m	2	4	4	36	1152	7	224	1376	948	62,27%	1304,45	812,32	103,68	7,83
EP/S-09G	T-8 2x36W 1,20 m	2	4	8	36	2304	7	448	2752	1348	62,27%	3709,70	2310,13	175,87	13,14
EP/S-10P	T-8 2x36W 1,20 m	2	4	4	36	1152	7	224	1376	1109	62,27%	1525,98	950,27	87,93	10,81
EP/S-11P	T-8 2x36W 1,20 m	2	4	4	36	1152	7	224	1376	928	62,27%	1276,93	795,18	87,93	9,04
EP/S-12M	T-8 2x36W 1,20 m	2	4	4	36	1152	7	224	1376	1335	62,27%	1836,96	1143,93	87,93	13,01
EP/S-13I	T-8 2x36W 1,20 m	2	2	6	36	864	7	168	1032	1122	62,27%	1157,90	721,06	97,38	7,40
EP/S-14I	T-8 2x36W 1,20 m	2	2	6	36	864	7	168	1032	920	62,27%	949,44	591,24	66,31	8,92
EP/S-15M	T-8 2x36W 1,20 m	2	4	4	36	1152	7	224	1376	1181	62,27%	1625,06	1011,97	87,93	11,51
EP/O-16M	T-8 2x36W 1,20 m	2	4	4	36	1152	7	224	1376	1123	62,27%	1545,25	962,27	87,93	10,94
EP/O-17D	T-8 2x36W 1,20 m	2	3	8	36	1728	7	336	2064	595	62,27%	1228,08	764,76	141,07	5,42
EP/O-18M	T-8 2x36W 1,20 m	2	3	8	36	1728	7	336	2064	1418	62,27%	2926,75	1822,57	141,07	12,92
EP/O-19D	T-8 2x36W 1,20 m	2	3	8	36	1728	7	336	2064	697	62,27%	1438,61	895,86	141,07	6,35
EP/O-20D	T-8 2x36W 1,20 m	2	4	8	36	2304	7	448	2752	1194	62,27%	3285,89	2046,21	176,87	11,57
EP/O-21E	T-8 2x36W 1,20 m	2	4	8	36	2304	7	448	2752	697	62,27%	1918,14	1194,48	176,87	6,75
EP/O-22M	T-8 2x36W 1,20 m	2	4	4	36	1152	7	224	1376	1083	62,27%	1490,21	927,99	103,68	8,95
EP/O-23G	T-8 2x36W 1,20 m	2	4	8	36	2304	7	448	2752	1455	62,27%	4004,16	2493,50	175,87	14,18
EP/O-24P	T-8 2x36W 1,20 m	2	4	4	36	1152	7	224	1376	904	62,27%	1243,90	774,61	87,93	8,81
EP/O-25M	T-8 2x36W 1,20 m	2	4	4	36	1152	7	224	1376	855	62,27%	1176,48	732,63	87,93	8,33
EP/O-26M	T-8 2x36W 1,20 m	2	4	4	36	1152	7	224	1376	984	62,27%	1353,98	843,16	87,93	9,59
EP/O-27I	T-8 2x36W 1,20 m	2	2	6	36	864	7	168	1032	980	62,27%	1011,36	629,80	81,56	7,72
EP/O-28I	T-8 2x36W 1,20 m	2	2	6	36	864	7	168	1032	1113	62,27%	1148,62	715,27	82,13	8,71
EP/O-29I	T-8 2x36W 1,20 m	2	2	6	36	864	7	168	1032	782	62,27%	807,02	502,56	71,35	7,04
EP/O-30I	T-8 2x36W 1,20 m	2	2	6	36	864	7	168	1032	851	62,27%	878,23	546,90	68,40	8,00
<b>Total/media</b>						<b>44856</b>		<b>8722</b>	<b>53578</b>	<b>978</b>	<b>62,27%</b>	<b>52941,26</b>	<b>32967,96</b>		<b>9,17</b>

Fuente: cálculos de elaboración propia

ANEXO F. CONSUMOS ENERGÉTICOS DEL EDIFICIO Y PRECIO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

Tabla 109. Cálculo potencias y consumos iluminación de salas, laboratorios y despachos

SALAS, LABORATORIOS PLANTA SÓTANO	Tipo Luminaria	UD. Lum.	Líneas luz	Ud. Línea	Potencia Ud. (W)	Potencia Lum. (W)	Reactancia +Balasto (W)	Total Reactancia (W)	Potencia Total (W)	Ocupación horas	Coef. USO	Consumo Ilum. máx. (kWh/año)	Consumo Ilum. (kWh/año)	Superficie (m <sup>2</sup> )	Consumo Ilum. (kWh/m <sup>2</sup> *año)
Taller de Arq. (Pecera)	T-8 4x18W 0,60 m	4	1	25	18	1800	5	500	2300	1898	38,46%	4365,40	1679,00	111,67	15,04
Taller de Maquetas	T-8 2x36W 1,20 m	2	3	3	36	648	7	126	774	1606	100,00%	1243,04	1243,04	70,70	17,58
Salón de Actos	T-8 2x36W 1,20 m	2	5	4	36	1440	7	280	1720	200	37,50%	344,00	129,00	126,56	1,02
Lab. Alan Turing	T-8 2x36W 1,20 m	2	4	5	36	1440	7	280	1720	1022	80,00%	1757,84	1406,27	82,79	16,99
Lab. Niklaus Wirth	T-8 2x36W 1,20 m	2	4	5	36	1440	7	280	1720	1022	80,00%	1757,84	1406,27	82,79	16,99
Sala Reuniones. Claude	T-8 2x36W 1,20 m	2	4	5	36	1440	7	280	1720	73	80,00%	125,56	100,45	98,34	1,02
<b>Total/media</b>						<b>8208</b>		<b>1746</b>	<b>9954</b>		<b>72,88%</b>	<b>9593,68</b>	<b>5964,04</b>		<b>11,44</b>
SALAS, LABORATORIOS PLANTA BAJA															
Lab. Técnico	T-8 2x36W 1,20 m	2	4	5	36	1440	7	280	1720	876	50,00%	1506,72	753,36	61,46	12,26
Lab. Investigación	T-8 2x36W 1,20 m	2	4	5	36	1440	7	280	1720	876	50,00%	1506,72	753,36	46,23	16,30
Sala de Reuniones	T-8 2x36W 1,20 m	2	4	5	36	1440	7	280	1720	29,2	75,00%	50,22	37,67	48,12	0,78
Conserjería	T-8 4x18W 0,60 m	4	1	4	18	288	5	80	368	1898	75,00%	698,46	523,85	23,44	22,35
<b>Total/media</b>						<b>4608</b>		<b>920</b>	<b>5528</b>	<b>920</b>	<b>62,50%</b>	<b>3762,13</b>	<b>2068,24</b>		<b>12,92</b>
DESPACHOS MÓDULOS	Tipo Luminaria	UD. Lum.	Despachos	Ud. Línea	Potencia Ud. (W)	Potencia Lum. (W)	Reactancia +Balasto (W)	Total Reactancia (W)	Potencia Total (W)	Ocupación horas	Coef. USO	Consumo Ilum. máx. (kWh/año)	Consumo Ilum. (kWh/año)	Superficie (m <sup>2</sup> )	Consumo Ilum. (kWh/m <sup>2</sup> *año)
Desp. Z. Oeste P1 M1	T-8 4x18W 0,60 m	4	8	2	18	1152	5	320	1472	229,2	87,50%	337,38	295,21	89,82	3,29
Desp. Z. Oeste P2 M1	T-8 4x18W 0,60 m	4	8	2	18	1152	5	224	1376	229,2	87,50%	315,38	275,96	89,82	3,07
Desp. Z. Oeste P1 M2	T-8 4x18W 0,60 m	4	8	2	18	1152	5	224	1376	229,2	87,50%	315,38	275,96	89,82	3,07
Desp. Z. Oeste P2 M2	T-8 4x18W 0,60 m	4	8	2	18	1152	5	224	1376	229,2	87,50%	315,38	275,96	89,82	3,07
Desp. Z. Oeste P1 M3	T-8 4x18W 0,60 m	4	8	2	18	1152	5	224	1376	229,2	87,50%	315,38	275,96	89,82	3,07
Desp. Z. Oeste P2 M3	T-8 4x18W 0,60 m	4	8	2	18	1152	5	320	1472	229,2	87,50%	337,38	295,21	89,82	3,29
Desp. Z. Central P1 M1	T-8 4x18W 0,60 m	4	14	2	18	2016	5	392	2408	229,2	87,50%	551,91	482,92	159,55	3,03
Desp. Z. Central P2 M1	T-8 4x18W 0,60 m	4	14	2	18	2016	5	392	2408	229,2	87,50%	551,91	482,92	159,55	3,03
Desp. Z. Central P1 M2	T-8 4x18W 0,60 m	4	14	2	18	2016	5	392	2408	229,2	87,50%	551,91	482,92	159,55	3,03
Desp. Z. Central P2 M2	T-8 4x18W 0,60 m	4	14	2	18	2016	5	392	2408	229,2	87,50%	551,91	482,92	159,55	3,03
Desp. Z. Central P1 M3	T-8 4x18W 0,60 m	4	14	2	18	2016	5	392	2408	229,2	87,50%	551,91	482,92	159,55	3,03
Desp. Z. Central P2 M3	T-8 4x18W 0,60 m	4	14	2	18	2016	5	560	2576	229,2	87,50%	590,42	516,62	159,55	3,24
Desp. Secretaria P1 M1	T-8 4x18W 0,60 m	4	7	4	18	2016	5	560	2576	1528	77,50%	3936,13	3050,50	133,60	22,83
Desp. Secretaria P2 M1	T-8 4x18W 0,60 m	4	7	4	18	2016	5	392	2408	1528	77,50%	3679,42	2851,55	133,60	21,34
Desp. Secretaria P1 M2	T-8 4x18W 0,60 m	4	7	4	18	2016	5	560	2576	1528	77,50%	3936,13	3050,50	154,51	19,74
Desp. Secretaria P2 M2	T-8 4x18W 0,60 m	4	7	4	18	2016	5	392	2408	1528	77,50%	3679,42	2851,55	154,51	18,46
Desp. Secretaria P1 M3	T-8 4x18W 0,60 m	4	7	4	18	2016	5	392	2408	1528	77,50%	3679,42	2851,55	154,46	18,46
Desp. Secretaria P2 M3	T-8 4x18W 0,60 m	4	7	4	18	2016	5	560	2576	1528	77,50%	3936,13	3050,50	154,46	19,75
<b>Total/media</b>						<b>31104</b>		<b>6912</b>	<b>38016</b>	<b>662</b>	<b>84,17%</b>	<b>28132,92</b>	<b>22331,64</b>		<b>8,77</b>

Fuente: cálculos de elaboración propia

ANEXO F. CONSUMOS ENERGÉTICOS DEL EDIFICIO Y PRECIO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

Tabla 110. Cálculo potencias y consumos iluminación de aseos, pasillos interiores y exteriores

ASEO	Tipo Luminaria	UD. Lum.	Aseos	Ud. Línea	Potencia Ud. (W)	Potencia Lum. (W)	Reactancia +Balasto (W)	Total Reactancia (W)	Potencia Total (W)	Ocupación horas	Coef. USO	Consumo Ilum. máx. (kWh/año)	Consumo Ilum. (kWh/año)	Superficie (m2)	Consumo Ilum. (kWh/m²*año)
Aseos PS y PB	Halógeno 50 W	1	4	9	50	1800	10	360	2160	292	55,56%	630,72	350,40	21,48	16,31
Aseos Desp. módulos	Halógeno 50 W	1	6	4	50	1200	10	240	1440	95,5	66,67%	137,52	91,68	10,07	9,11
Aseos módulos cabecera	Halógeno 50 W	1	6	4	50	1200	10	240	1440	95,5	66,67%	137,52	91,68	9,26	9,90
Aseos Planta Sótano Laboratorios	Halógeno 50 W	1	2	4	50	400	10	80	480	19,1	66,67%	9,17	6,11	17,91	0,34
Aseos Conserjería	Halógeno 50 W	1	1	11	50	550	10	110	660	95,5	44,44%	63,03	28,01	26,10	1,07
<b>Total/media</b>						<b>5150</b>		<b>1030</b>	<b>6180</b>	<b>120</b>	<b>75,69%</b>	<b>977,96</b>	<b>567,89</b>		<b>7,35</b>
PASILLOS INTERIORES	Tipo Luminaria	UD. Lum.	Pasillos	Ud. Línea	Potencia Ud. (W)	Potencia Lum. (W)	Reactancia +Balasto (W)	Total Reactancia (W)	Potencia Total (W)	Ocupación horas	Coef. USO	Consumo Ilum. máx. (kWh/año)	Consumo Ilum. (kWh/año)	Superficie (m2)	Consumo Ilum. (kWh/m²*año)
Pasillos Z. Oeste P1, P2 M1,2,3	Downlight 26W	1	6	9	26	1404	7	378	1782	382	97,41%	680,72	663,12	30,07	22,05
Pasillos Z. Central P1, P2 M1,2,3	Downlight 26W	1	6	15	26	2340	7	630	2970	382	97,41%	1134,54	1105,20	53,41	20,69
Pasillos Secretaría P1, P2 M1	Downlight 26W	1	2	10	26	520	7	140	660	191	97,41%	126,06	122,80	43,28	2,84
Pasillos Secretaría P1, P2 M2	Downlight 26W	1	2	6	26	312	7	84	396	191	97,41%	75,64	73,68	22,37	3,29
Pasillos Secretaría P1, P2 M3	Downlight 26W	1	2	7	26	364	7	98	462	191	97,41%	88,24	85,96	21,41	4,01
Pasillos laboratorios sótano	Downlight 26W	1	1	23	26	598	7	161	759	764	97,41%	579,88	564,88	64,51	8,76
Pasillo/Recepción Conserjería PB	Downlight 26W	1	1	15	26	390	7	105	495	2101	97,41%	1040,00	1013,10	30,34	33,39
Pasillo laboratorios Planta Baja	Downlight 26W	1	1	3	26	78	7	21	99	19,1	98,28%	1,89	1,86	11,05	0,17
<b>Total/media</b>						<b>6006</b>		<b>1617</b>	<b>7623</b>	<b>1060</b>	<b>97,84%</b>	<b>1041,89</b>	<b>3630,59</b>		<b>11,90</b>
PASILLOS EXTERIORES	Tipo Luminaria	UD. Lum.	Pasillos	Ud. Línea	Potencia Ud. (W)	Potencia Lum. (W)	Reactancia +Balasto (W)	Total Reactancia (W)	Potencia Total (W)	Ocupación horas	Coef. USO	Consumo Ilum. máx. (kWh/año)	Consumo Ilum. (kWh/año)	Superficie (m2)	Consumo Ilum. (kWh/m²*año)
Pasillos Planta Sótano	Downlight 26W	1	1	116	26	3016	7	812	3828	764	97,41%	2924,59	2848,96	-	-
Pasillos Planta Baja	Downlight 26W	1	1	93	26	2418	7	651	3069	764	98,28%	2344,72	2304,29	-	-
<b>Total/media</b>						<b>5434</b>		<b>1463</b>	<b>6897</b>	<b>764</b>	<b>97,84%</b>	<b>5269,31</b>	<b>5153,25</b>	-	-

Fuente: cálculos de elaboración propia



ANEXO F. CONSUMOS ENERGÉTICOS DEL EDIFICIO Y PRECIO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

Tabla 111. Cálculo potencias y consumos equipamiento de aulas

AULA	UD. PC profesor	UD. Proyector Cañón	UD. PC Portátil	(W) PC profesor	(W) Proyector Cañón	(W) PC Portátil	Potencia Equipos (W)	Coef. USO	Potencia Equipos (W)	Superficie (m2)	Potencia (W/m2)	Ocupación horas	Consumo Equipos (kWh/año)	Consumo Equipos (kWh/m2*año)
EP/S-01D	1	1	10	300	350	2500	3.150	40%	1.262	141,07	8,95	1076	1357,95	9,63
EP/S-02M	1	1	4	300	350	1000	1.650	23%	388	141,07	2,75	952	368,99	2,62
EP/S-03D	1	1	8	300	350	2000	2.650	33%	864	141,07	6,12	1164	1005,12	7,13
EP/S-04E	1	1	3	300	350	750	1.400	60%	840	146,86	5,72	887	745,08	5,07
EP/S-05D	1	1	6	300	350	1500	2.150	29%	634	70,53	8,99	60	38,03	0,54
EP/S-06D	1	1	3	300	350	750	1.400	54%	757	176,87	4,28	952	720,61	4,07
EP/S-07D	1	1	3	300	350	750	1.400	33%	468	176,87	2,65	640	299,80	1,70
EP/S-08M	1	1	3	300	350	750	1.400	54%	754	103,68	7,27	948	714,74	6,89
EP/S-09G	1	1	3	300	350	750	1.400	34%	470	175,87	2,67	1348	633,00	3,60
EP/S-10P	1	1	3	300	350	750	1.400	45%	633	87,93	7,20	1109	702,09	7,98
EP/S-11P	1	1	3	300	350	750	1.400	43%	595	87,93	6,77	928	552,62	6,28
EP/S-12M	1	1	3	300	350	750	1.400	57%	805	87,93	9,15	1335	1074,46	12,22
EP/S-13I	1	1	28	300	350	7000	7.650	42%	3.195	97,38	32,81	1122	3584,65	36,81
EP/S-14I	1	1	24	300	350	6000	6.650	33%	2.194	66,31	33,08	920	2018,19	30,44
EP/S-15M	1	1	3	300	350	750	1.400	46%	640	87,93	7,28	1181	755,81	8,60
EP/O-16M	1	1	3	300	350	750	1.400	45%	630	87,93	7,17	1123	707,68	8,05
EP/O-17D	1	1	8	300	350	2000	2.650	64%	1.699	141,07	12,04	595	1010,99	7,17
EP/O-18M	1	1	4	300	350	1000	1.650	45%	750	141,07	5,32	1418	1064,02	7,54
EP/O-19D	1	1	8	300	350	2000	2.650	76%	2.006	141,07	14,22	697	1397,91	9,91
EP/O-20D	1	1	3	300	350	750	1.400	55%	776	176,87	4,39	1194	926,73	5,24
EP/O-21E	1	1	40	300	350	10000	10.650	29%	3.101	176,87	17,53	697	2161,33	12,22
EP/O-22M	1	1	3	300	350	750	1.400	44%	619	103,68	5,97	1083	670,84	6,47
EP/O-23G	1	1	3	300	350	750	1.400	34%	471	175,87	2,68	1455	685,65	3,90
EP/O-24P	1	1	3	300	350	750	1.400	47%	656	87,93	7,46	904	593,28	6,75
EP/O-25M	1	1	3	300	350	750	1.400	50%	702	87,93	7,99	855	600,63	6,83
EP/O-26M	1	1	3	300	350	750	1.400	26%	368	87,93	4,18	984	361,82	4,11
EP/O-27I	1	1	28	300	350	7000	7.650	29%	2.256	81,56	27,66	980	2210,58	27,10
EP/O-28I	1	1	24	300	350	6000	6.650	41%	2.710	82,13	33,00	1113	3016,30	36,73
EP/O-29I	1	1	24	300	350	6000	6.650	36%	2.362	71,35	33,11	782	1847,19	25,89
EP/O-30I	1	1	24	300	350	6000	6.650	34%	2.294	68,40	33,53	851	1951,82	28,54
<b>Total/media</b>							<b>91.500</b>		<b>35.899</b>	<b>3500,98</b>		<b>978</b>	<b>33.777,91</b>	<b>11,33</b>

Fuente: cálculos de elaboración propia

ANEXO F. CONSUMOS ENERGÉTICOS DEL EDIFICIO Y PRECIO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

Tabla 112. Cálculo potencias y consumos de equipamiento de salas, laboratorios y despachos

SALAS, LABORATORIOS PLANTA SÓTANO	UD. PC profesor	UD. Proyector Cañón	UD. PC Portátil	UD. Impresora	UD. Máquina Corte Láser	(W) PC profesor	(W) Proyector Cañón	(W) PC Portátil	(W) Impresora	Potencia Equipos (W)	Coef. USO	Potencia Equipos (W)	Superficie (m <sup>2</sup> )	Potencia (W/m <sup>2</sup> )	Ocupación horas	Consumo Equipos (kWh/año)	Consumo Equipos (kWh/m <sup>2</sup> *año)
Taller de Arq. (Pecera)	0	0	16	0	0	0	0	4000	0	4.000	50%	2.000	111,67	17,91	1898	3796,00	33,99
Taller de Maquetas	0	0	3	0	2	0	0	750	0	830	67%	553	70,70	7,83	1606	888,65	12,57
Salón de Actos	1	1	0	0	0	300	350	0	0	650	65%	421	126,56	3,33	200	84,26	0,67
Lab. Alan Turing	6	1	6	1	0	1800	350	1500	8,75	3.659	38%	1.372	82,79	16,57	1022	1402,22	16,94
Lab. Niklaus Wirth	6	1	6	1	0	1800	350	1500	8,75	3.659	38%	1.372	82,79	16,57	1022	1402,22	16,94
Sala Reuniones. Claude	1	1	0	1	0	300	350	0	8,75	659	57%	376	98,34	3,83	73	27,48	0,28
<b>Total/media</b>										<b>13.456</b>		<b>6.095</b>				<b>7.600,82</b>	<b>13,56</b>
<b>SALAS PLANTA BAJA</b>																	
Lab. Técnico	12	0	0	2	0	3600	0	0	17,5	3.618	50%	1.809	61,46	29,43	876	1584,47	25,78
Lab. Investigación	12	0	0	2	0	3600	0	0	17,5	3.618	50%	1.809	46,23	39,13	876	1584,47	34,27
Sala de Reuniones	1	1	0	0	0	300	350	0	0	650	83%	542	48,12	11,26	29,2	15,82	0,33
Conserjería	1	0	2	2	0	300	0	500	17,5	818	67%	545	23,44	23,25	1898	1034,41	44,13
Cuartos Instalaciones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23.400	100%	23.400	63,62	367,83	876,00	20498,40	322,22
<b>Total/media</b>										<b>8.703</b>		<b>4.704</b>	<b>242,87</b>			<b>4.219,16</b>	<b>85,35</b>
<b>DESPACHOS</b>																	
Desp. Z. Oeste P1 M1	1	8	0	1	0	2400	0	0	70	2.470	100%	2.470	89,82	27,50	229,2	566,12	6,30
Desp. Z. Oeste P2 M1	1	8	0	1	0	2400	0	0	70	2.470	100%	2.470	89,82	27,50	229,2	566,12	6,30
Desp. Z. Oeste P1 M2	1	8	0	1	0	2400	0	0	70	2.470	100%	2.470	89,82	27,50	229,2	566,12	6,30
Desp. Z. Oeste P2 M2	1	8	0	1	0	2400	0	0	70	2.470	100%	2.470	89,82	27,50	229,2	566,12	6,30
Desp. Z. Oeste P1 M3	1	8	0	1	0	2400	0	0	70	2.470	100%	2.470	89,82	27,50	229,2	566,12	6,30
Desp. Z. Oeste P2 M3	1	8	0	1	0	2400	0	0	70	2.470	100%	2.470	89,82	27,50	229,2	566,12	6,30
Desp. Z. Central P1 M1	1	14	0	1	0	4200	0	0	122,5	4.323	100%	4.323	159,55	27,09	229,2	990,72	6,21
Desp. Z. Central P2 M1	1	14	0	1	0	4200	0	0	122,5	4.323	100%	4.323	159,55	27,09	229,2	990,72	6,21
Desp. Z. Central P1 M2	1	14	0	1	0	4200	0	0	122,5	4.323	100%	4.323	159,55	27,09	229,2	990,72	6,21
Desp. Z. Central P2 M2	1	14	0	1	0	4200	0	0	122,5	4.323	100%	4.323	159,55	27,09	229,2	990,72	6,21
Desp. Z. Central P1 M3	1	14	0	1	0	4200	0	0	122,5	4.323	100%	4.323	159,55	27,09	229,2	990,72	6,21
Desp. Z. Central P2 M3	1	14	0	1	0	4200	0	0	122,5	4.323	100%	4.323	159,55	27,09	229,2	990,72	6,21
Desp. Secretaria P1 M1	10	7	0	3	0	3000	0	0	26,25	3.026	50%	1.513	133,60	11,33	1528	2312,06	17,31
Desp. Secretaria P2 M1	10	7	0	3	0	3000	0	0	26,25	3.026	50%	1.513	133,60	11,33	1528	2312,06	17,31
Desp. Secretaria P1 M2	10	7	0	3	0	3000	0	0	26,25	3.026	50%	1.513	154,51	9,79	1528	2312,06	14,96
Desp. Secretaria P2 M2	10	7	0	3	0	3000	0	0	26,25	3.026	50%	1.513	154,51	9,79	1528	2312,06	14,96
Desp. Secretaria P1 M3	10	7	0	3	0	3000	0	0	26,25	3.026	50%	1.513	154,46	9,80	1528	2312,06	14,97
Desp. Secretaria P2 M3	10	7	0	3	0	3000	0	0	26,25	3.026	50%	1.513	154,46	9,80	1528	2312,06	14,97
<b>Total/media</b>						<b>57.600</b>			<b>1312,5</b>	<b>58.913</b>		<b>49.834</b>	<b>2381,35</b>			<b>23.213,38</b>	<b>9,42</b>

ANEXO F. CONSUMOS ENERGÉTICOS DEL EDIFICIO Y PRECIO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

## ANEXO F.2. PRECIO DE LA ELECTRICIDAD UNIVERSIDAD DE ALICANTE AÑO 2013/14

Tabla 113. Precio electricidad y consumo mensual Universidad de Alicante y EPS IV año 2013/14

AÑO 2013	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL 2013
Consumo Universidad Alicante	1.510.239	1494314	1333596	976710	1307052	1464286	1890016	861573	1722297	1655345	1504777	1530952	17.251.157
Precio kWh (c€)-Sin IVA	14,5842	14,0133	8,3474	7,5631	9,1359	11,4900	14,4208	12,9578	11,2876	11,3916	10,8478	14,8412	11,9420
Precio kWh (c€)-Con IVA	17,6468	16,9560	10,1003	9,1514	11,2343	13,9029	17,4492	15,6789	13,6580	13,7839	13,1258	17,9579	14,2205
Coste electricidad €	266.508,86	253.375,88	134.697,20	89.382,64	146.838,14	203.578,22	329.792,67	135.085,17	235.231,32	228.171,10	197.514,02	274.926,83	2.495.102,05
Consumo EPS IV	49.536	55.718	48.099	28.341	37.923	39.814	55.060	16.804	54.575	54.292	50.912	53.453	544.527
EPSIV / UA %	3,28%	3,73%	3,61%	2,90%	2,90%	2,72%	2,91%	1,95%	3,17%	3,28%	3,38%	3,49%	3,16%
Coste electricidad €	8.741,52	9.447,54	4.858,14	2.593,60	4.260,38	5.535,30	9.607,53	2.634,68	7.453,85	7.483,55	6.682,61	9.599,04	77.434,19
AÑO 2014	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL 2014
Consumo Universidad Alicante	1.572.020	1.463.606	1.387.114	1.039.727	1.317.727	1.500.321	1.882.332	768.092	1.926.287	1.543.654	1.261.522	1.280.513	16.942.915
Precio kWh (c€)-Sin IVA	11,4546	9,8801	9,4688	10,5556	10,8593	11,8157	11,9746	12,9612	11,7275	11,2934	11,4085	-	10,7644
Precio kWh (c€)-Con IVA	13,8601	11,9549	11,4573	12,7723	13,1397	14,2970	14,4893	15,6830	14,1903	13,6650	13,8043	-	13,0249
Coste electricidad UA€	217.883,54	174.972,63	158.925,81	132.797,05	173.145,37	214.500,89	272.736,73	120.459,87	273.345,90	210.940,32	174.144,28	-	2.123.852,41
Consumo EPS IV	51.998	54.372	51.144	33.043	40.321	45.334	54.290	14.019	61.232	52.861	41.616	45.578	545.808
EPSIV / UA %	3,31%	3,71%	3,69%	3,18%	3,06%	3,02%	2,88%	1,83%	3,18%	3,42%	3,30%	3,56%	3,22%
Coste electricidad EPS IV €	7.206,97	6.500,12	5.859,72	4.220,35	5.298,06	6.481,40	7.866,24	2.198,60	8.689,00	7.223,46	5.744,80	-	67.289
Var. Coste 2013/14 %	-21,29%	-45,34%	17,09%	38,55%	19,59%	14,60%	-22,14%	-19,83%	14,22%	-3,60%	-16,32%	-	-2,23%

Fuente: Oficina Técnica Universidad de Alicante

### **ANEXO F.3. COMPARATIVA CONSUMO ELÉCTRICO EPS IV CON UNIVERSIDAD DE ALICANTE**

Se toman los datos de consumos de electricidad y de superficies construidas y útiles de todos los edificios de la Universidad de Alicante a través del *Servicio de Infraestructuras de la Universidad de Alicante*, para los años 2011 a 2014.

Se toma como referencia los consumos del año 2013 porque son muy similares al año 2014, y porque faltaban los últimos meses del año 2014 por contabilizar en la fecha en que se tomaron los datos de consumos eléctricos, a principios de 2015.

Se muestra en orden descendente de mayor a menor, los edificios con mayor consumo eléctrico de la Universidad, con la finalidad de realizar una comparativa de consumos y superficies útiles respecto de la *Escuela Politécnica Superior IV*.

ANEXO F. CONSUMOS ENERGÉTICOS DEL EDIFICIO Y PRECIO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

Tabla 114. Consumo eléctrico por superficie útil de los edificios Universidad de Alicante

Servicio de Infraestructuras y Servicios		Superficies (m <sup>2</sup> )			Año				Consumo eléctrico por superficie útil (kWh/m <sup>2</sup> u*año)			
Cód.	Edificio Universidad Alicante	En Planta	Construida	Útil	2.011	2.012	2.013	2.014	2011	2012	2013	2014
0033	BIBLIOTECA GENERAL	8.320,08	16.275,10	15.180,53	2.955.938	2.365.498	2.502.030	2.391.468	194,72	155,82	164,82	157,54
0007	FACULTAD DE CIENCIAS II	5.083,00	13.845,00	12.276,03	747.795	1.043.760	1.075.691	857.146	60,92	85,02	87,63	69,82
0025	AULARIO GENERAL I	12.702,00	21.292,36	20.674,32	1.219.372	1.034.643	995.771	847.736	58,98	50,04	48,16	41,00
0030	AULARIO GENERAL II	6.812,88	20.816,93	14.581,00	859.592	829.621	856.120	631.158	58,95	56,90	58,71	43,29
0041	FACULTAD DE CIENCIAS VI - CENTRO DE TECNOLOGÍA QUÍMICA (C.T.Q)	3.086,00	6.558,00	6.008,09	869.508	863.017	834.025	636.522	144,72	143,64	138,82	105,94
0008	FACULTAD DE CIENCIAS I	1.687,10	6.465,77	5.020,90	941.290	842.763	785.732	663.299	187,47	167,85	156,49	132,11
0005	CENTRO DE PROCESO DE DATOS (C.P.D.)	630,88	1.247,52	1.053,15	757.516	731.037	702.464	600.889	719,29	694,14	667,01	570,56
0011	FACULTAD DE DERECHO - PARANINFO	8.667,12	15.560,22	13.076,95	428.562	609.705	551.907	497.826	32,77	46,62	42,20	38,07
0039	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR IV	5.626,00	12.803,11	10.024,83	648.888	575.132	544.527	458.614	64,73	57,37	54,32	45,75
0031	FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES	3.402,12	11.364,20	8.591,90	555.098	515.946	505.675	425.803	64,61	60,05	58,85	49,56
0002	ÁREA DE EXPERIMENTACIÓN INDUSTRIAL Y DE SERVICIOS	1.638,33	1.883,80	1.707,22	482.518	464.079	483.742	426.278	282,63	271,83	283,35	249,69
0040	MUSEO DE LA UNIVERSIDAD DE ALICANTE	18.865,38	4.705,00	3.863,35	420.984	415.060	461.428	313.782	108,97	107,44	119,44	81,22
0036	EDIFICIO "GERMÁN BERNACER"	3.156,37	7.461,12	6.829,64	290.934	386.691	387.082	323.036	42,60	56,62	56,68	47,30
0016	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR I	2.322,10	4.289,22	3.795,49	440.413	395.609	376.728	300.436	116,04	104,23	99,26	79,16
0015	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR III	1.835,19	3.670,34	3.040,84	372.922	332.668	355.531	319.663	122,64	109,40	116,92	105,12
0034	CIENCIAS SOCIALES	3.153,10	8.761,35	6.864,15	331.172	306.773	351.143	242.560	48,25	44,69	51,16	35,34
0037	INSTITUTOS UNIVERSITARIOS	3.795,11	4.982,41	4.299,56	398.134	376.741	346.791	290.447	92,60	87,62	80,66	67,55
0028	RECTORADO Y SERVICIOS GENERALES	6.030,83	9.412,47	9.217,59	365.274	346.189	338.720	273.172	39,63	37,56	36,75	29,64
0014	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR II	1.835,19	3.670,34	3.040,84	354.907	335.816	310.087	264.400	116,71	110,44	101,97	86,95
0038	ESCUELA UNIVERSITARIA DE ÓPTICA Y OPTOMETRÍA	3.423,31	7.130,00	6.269,52	292.280	263.208	264.378	229.337	46,62	41,98	42,17	36,58
0020	FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS I	1.707,00	5.359,00	4.664,98	291.309	259.743	253.426	215.747	62,45	55,68	54,33	46,25
0032	CLUB SOCIAL II	2.315,03	3.833,00	3.555,96	316.977	277.504	234.452	155.965	89,14	78,04	65,93	43,86
0003	FACULTAD DE CIENCIAS III	686,14	1.357,82	1.109,32	263.987	215.660	221.388	196.720	237,97	194,41	199,57	177,33
0017	CLUB SOCIAL I	2.050,00	1.935,15	1.850,94	57.396	219.967	205.939	188.089	31,01	118,84	111,26	101,62
0013	PABELLÓN UNIVERSITARIO 13	1.169,48	1.406,81	1.161,60	139.605	208.928	200.400	160.005	120,18	179,86	172,52	137,75
0012	PABELLÓN UNIVERSITARIO 12	1.169,48	1.406,81	1.206,50	197.307	212.444	197.472	163.099	163,54	176,08	163,67	135,18
0019	FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS II	1.692,99	6.564,83	5.583,73	215.968	192.420	193.513	168.131	38,68	34,46	34,66	30,11
0018	FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS III	2.963,00	3.905,00	3.165,00	173.583	175.091	175.440	148.645	54,84	55,32	55,43	46,97
0029	COLEGIO MAYOR UNIVERSITARIO	2.763,64	6.632,77	5.570,15	210.163	162.831	137.295	114.236	37,73	29,23	24,65	20,51
0010	FACULTAD DE CIENCIAS V	1.225,66	1.406,81	1.210,98	91.467	138.365	120.159	80.770	75,53	114,26	99,22	66,70
0006	TALLER DE IMAGEN	687,05	1.224,15	859,00	141.051	129.869	118.813	115.247	164,20	151,19	138,32	134,16
0042	AULARIO GENERAL III	4.743,64	3.492,45	2.929,60	118.846	111.537	113.232	67.589	40,57	38,07	38,65	23,07
0035	CENTRO COMERCIAL	2.435,75	4.036,74	3.203,23	134.495	130.124	109.492	71.978	41,99	40,62	34,18	22,47
0009	PABELLÓN DE BIOTECNOLOGÍA	1.225,66	1.406,81	1.210,68	75.396	101.316	106.558	93.487	62,28	83,69	88,01	77,22
0043	CLUB SOCIAL III	1.087,55	1.970,58	1.773,84	102.642	93.647	100.711	95.723	57,86	52,79	56,78	53,96
0004	FACULTAD DE CIENCIAS IV	1.225,09	1.671,34	1.468,14	106.103	111.047	96.879	82.693	72,27	75,64	65,99	56,33
0024	FACULTAD DE EDUCACIÓN I	1.720,00	2.923,62	2.535,47	109.055	166.632	92.221	32.738	43,01	65,72	36,37	12,91
0026	ESCUELA UNIVERSITARIA DE ENFERMERÍA	1.752,00	2.497,35	2.191,95	105.780	95.612	88.841	73.888	48,26	43,62	40,53	33,71
0044	CLUB SOCIAL POLITÉCNICA I	474,93	474,93	462,00	134.200	103.500	83.300	75.500	290,48	224,03	180,30	163,42
0001	ZONA DEPORTIVA. PABELLÓN DE DEPORTES	5.638,69	9.599,00	7.907,94	85.257	83.822	81.151	46.089	10,78	10,60	10,26	5,83
0027	TORRE DE CONTROL	568,25	1.152,35	873,65	91.329	80.899	75.638	57.473	104,54	92,60	86,58	65,78
0022	FACULTAD DE EDUCACIÓN II	556,00	706,00	609,10	53.007	82.598	60.352	17.499	87,03	135,61	99,08	28,73
0045	CLUB SOCIAL FACULTAD DE CIENCIAS	354,00	354,00	313,71	68.322	63.118	52.023	47.198	217,79	201,20	165,83	150,45
0021	PABELLÓN DE ALUMNADO	921,42	898,56	798,27	51.667	45.895	44.372	36.412	64,72	57,49	55,59	45,61

## ANEXO G. DETALLES DE LAS INSTALACIONES PROPUESTAS

Para mayor detalle del estudio de las propuestas de mejora de la eficiencia energética del edificio, se muestra el precio descompuesto de la iluminación LED, el cálculo de la potencia instalada de la iluminación LED, su consumo eléctrico y el nuevo VEEI, la viabilidad económica de la instalación de iluminación con luminarias LED, el estudio de viabilidad de la instalación fotovoltaica, y las características técnicas de los vidrios propuestos, del recuperador de calor y de las bombas de calor geotérmicas.

Figura 125. Precio descompuesto sustitución luminarias tipo LED

Tubo LED T8 18W 1200 mm longitud					
Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida
mt34ode540baabc	Ud	Sustitución de luminaria de tubo fluorescente T8 36W de aulas y laboratorios, por luminaria de tubo LED T8 18W de longitud de 1200 mm y 26 mm diámetro, fabricado en cristal, con luminosidad de 1800 lm, eficiencia 100 lm/W, haz de luz con ángulo de apertura de 300º, factor de potencia 0.90 y vida útil superior a 30.000 horas.	1,000	9,38	9,38
mt34www011	Ud	Material auxiliar para instalación de aparatos de iluminación.	1,000	0,90	0,90
mo001	h	Oficial 1º electricista.	0,133	17,23	2,30
mo052	h	Ayudante electricista.	0,133	16,48	2,20
	%	Medios auxiliares	2,000	14,78	0,30
	%	Costes indirectos	3,000	15,08	0,45
<a href="http://www.rakuten.es/tienda/ofertasomg/producto/T8-V-1200-18/?l-id=es_search_product_12">http://www.rakuten.es/tienda/ofertasomg/producto/T8-V-1200-18/?l-id=es_search_product_12</a>				Total:	15,53
Tubo LED T8 18W 600 mm longitud					
Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida
mt34ode540baabc	Ud	Sustitución de luminaria de tubo fluorescente T8 18W de despachos y talleres, por luminaria de tubo LED T8 9W de longitud de 600 mm y 26 mm diámetro, fabricado en cristal, con luminosidad de 1800 lm, eficiencia 100 lm/W, haz de luz con ángulo de apertura de 300º, factor de potencia 0.90 y vida útil superior a 30.000 horas.	1,000	6,23	6,23
mt34www011	Ud	Material auxiliar para instalación de aparatos de iluminación.	1,000	0,90	0,90
mo001	h	Oficial 1º electricista.	0,067	17,23	1,15
mo052	h	Ayudante electricista.	0,067	16,48	1,10
	%	Medios auxiliares	2,000	9,38	0,19
	%	Costes indirectos	3,000	9,57	0,29
<a href="http://www.rakuten.es/tienda/ofertasomg/producto/T8-V-600-9/?l-id=es_search_product_4">http://www.rakuten.es/tienda/ofertasomg/producto/T8-V-600-9/?l-id=es_search_product_4</a>				Total:	9,86
Downlight LED 15W					
Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida
mt34lyd020aaaaa	Ud	Sustitución de luminaria downlight 26W de pasillos interiores, por luminaria downlight LED 15W de 190 mm diámetro y 25 mm grosor, con ángulo de apertura 120º, con luminosidad de 1000 lm, factor de potencia 0.80 o superior y vida útil de 50.000 horas.	1,000	10,42	10,42
mt34www011	Ud	Material auxiliar para instalación de aparatos de iluminación.	1,000	0,90	0,90
mo001	h	Oficial 1º electricista.	0,075	17,23	1,29
mo052	h	Ayudante electricista.	0,075	16,48	1,24
	%	Medios auxiliares	2,000	13,85	0,28
	%	Costes indirectos	3,000	14,13	0,42
<a href="http://www.rakuten.es/tienda/ofertasomg/producto/PX-PBD-6R/?l-id=es_search_product_11">http://www.rakuten.es/tienda/ofertasomg/producto/PX-PBD-6R/?l-id=es_search_product_11</a>				Total:	14,55
Halógeno 7W					
Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	p.s.	Precio partida
mt34lyd020aaaaa	Ud	Sustitución de luminaria halógeno 50W de aseos, por luminaria halógeno LED 7W con casquillo GU10 de 50 mm diámetro, con ángulo de apertura 120º y luminosidad de 580 lm.	1,000	5,86	5,86
mt34www011	Ud	Material auxiliar para instalación de aparatos de iluminación.	1,000	0,90	0,90
mo001	h	Oficial 1º electricista.	0,067	17,23	1,15
mo052	h	Ayudante electricista.	0,067	16,48	1,10
	%	Medios auxiliares	2,000	9,01	0,18
	%	Costes indirectos	3,000	9,19	0,28
<a href="http://www.rakuten.es/tienda/ledslowcost/producto/AN091/?l-id=es_search_product_1">http://www.rakuten.es/tienda/ledslowcost/producto/AN091/?l-id=es_search_product_1</a>				Total:	9,47

Fuente: base de precios y fabricantes



ANEXO G. DETALLES DE LAS INSTALACIONES PROPUESTAS

Tabla 115. Resumen potencia instalada y consumos iluminación LED

Potencia Iluminación (W)	Planta sótano	Planta baja	Planta 1ª	Planta 2ª	Total Uso	% Uso
Aulas	12.426	11.248	-	-	23.674	34,15%
Salas, Talleres, Laboratorios	4.382	2.440	-	-	6.822	9,84%
Despachos	-	-	15.264	15.264	30.528	44,03%
Aseos	208	232	192	192	824	1,19%
Pasillos exteriores	1.972	1.581	-	-	3.553	5,12%
Pasillos interiores	391	306	1.615	1.615	3.927	5,66%
Total Planta	19.379	15.807	17.071	17.071	69.328	100,00%
% Planta	27,95%	22,80%	24,62%	24,62%	100,00%	
Consumo Iluminación (kWh/año)	Planta sótano	Planta baja	Planta 1ª	Planta 2ª	Total Uso	% Uso
Aulas	7.562,61	7.004,63	-	-	14.567,24	37,13%
Salas, Talleres, Laboratorios	2.623,39	910,16	-	-	3.533,55	9,01%
Despachos	-	-	7.633,20	8.900,14	16.533,34	42,14%
Aseos	24,17	27,10	12,22	12,22	75,72	0,19%
Pasillos exteriores	1.467,64	1.187,06	-	-	2.654,70	6,77%
Pasillos interiores	291,00	522,86	528,23	528,23	1.870,31	4,77%
Total Planta	11.968,82	9.651,80	8.173,65	9.440,59	39.234,86	100,00%
% Planta	30,51%	24,60%	20,83%	24,06%	100,00%	51.005,32
					Ahorro kWh/año	43.483,37
					Ahorro %	85,25%

Fuente: cálculos de elaboración propia

ANEXO G. DETALLES DE LAS INSTALACIONES PROPUESTAS

Tabla 116. Cálculo VEEI edificio con iluminación LED

AULA	DESCRIPCIÓN	Nº Lum.	Pot. Ud. (W)	Pot. Lum. (W)	Balasto/Driver (W)	Reactancia (W)	POT. Total (W)	Sup. (m2)	POT. (W/m2)	Em (lux)	VEEI
EP/S-01D	T8 LED 2x17W 1,20 m	48	17	816	2	96	912	141,07	6,46	525,94	1,23
EP/S-02M	T8 LED 2x17W 1,20 m	48	17	816	2	96	912	141,07	6,46	469,38	1,38
EP/S-03D	T8 LED 2x17W 1,20 m	48	17	816	2	96	912	141,07	6,46	525,94	1,23
EP/S-04E	T8 LED 2x17W 1,20 m	80	17	1360	2	160	1520	146,86	10,35	316,98	3,27
EP/S-05D	T8 LED 2x17W 1,20 m	30	17	510	2	60	570	70,53	8,08	469,37	1,72
EP/S-06D	T8 LED 2x17W 1,20 m	64	17	1088	2	128	1216	176,87	6,87	512,60	1,34
EP/S-07D	T8 LED 2x17W 1,20 m	64	17	1088	2	128	1216	176,87	6,87	512,60	1,34
EP/S-08M	T8 LED 2x17W 1,20 m	32	17	544	2	64	608	103,68	5,86	701,42	0,84
EP/S-09G	T8 LED 2x17W 1,20 m	64	17	1088	2	128	1216	175,87	6,91	611,28	1,13
EP/S-10P	T8 LED 2x17W 1,20 m	32	17	544	2	64	608	87,93	6,91	492,40	1,40
EP/S-11P	T8 LED 2x17W 1,20 m	32	17	544	2	64	608	87,93	6,91	492,40	1,40
EP/S-12M	T8 LED 2x17W 1,20 m	32	17	544	2	64	608	87,93	6,91	492,40	1,40
EP/S-13I	T8 LED 2x17W 1,20 m	24	17	408	2	48	456	97,38	4,68	481,04	0,97
EP/S-14I	T8 LED 2x17W 1,20 m	24	17	408	2	48	456	66,31	6,88	481,04	1,43
EP/S-15M	T8 LED 2x17W 1,20 m	32	17	544	2	64	608	87,93	6,91	492,40	1,40
EP/O-16M	T8 LED 2x17W 1,20 m	32	17	544	2	64	608	87,93	6,91	492,40	1,40
EP/O-17D	T8 LED 2x17W 1,20 m	48	17	816	2	96	912	141,07	6,46	525,94	1,23
EP/O-18M	T8 LED 2x17W 1,20 m	48	17	816	2	96	912	141,07	6,46	469,38	1,38
EP/O-19D	T8 LED 2x17W 1,20 m	48	17	816	2	96	912	141,07	6,46	525,94	1,23
EP/O-20D	T8 LED 2x17W 1,20 m	64	17	1088	2	128	1216	176,87	6,87	512,60	1,34
EP/O-21E	T8 LED 2x17W 1,20 m	64	17	1088	2	128	1216	176,87	6,87	512,60	1,34
EP/O-22M	T8 LED 2x17W 1,20 m	32	17	544	2	64	608	103,68	5,86	701,42	0,84
EP/O-23G	T8 LED 2x17W 1,20 m	64	17	1088	2	128	1216	175,87	6,91	611,28	1,13
EP/O-24P	T8 LED 2x17W 1,20 m	32	17	544	2	64	608	87,93	6,91	492,40	1,40
EP/O-25M	T8 LED 2x17W 1,20 m	32	17	544	2	64	608	87,93	6,91	492,40	1,40
EP/O-26M	T8 LED 2x17W 1,20 m	32	17	544	2	64	608	87,93	6,91	492,40	1,40
EP/O-27I	T8 LED 2x17W 1,20 m	40	17	680	2	80	760	81,56	9,32	481,04	1,94
EP/O-28I	T8 LED 2x17W 1,20 m	40	17	680	2	80	760	82,13	9,25	481,04	1,92
EP/O-29I	T8 LED 2x17W 1,20 m	24	17	408	2	48	456	71,35	6,39	481,04	1,33
EP/O-30I	T8 LED 2x17W 1,20 m	24	17	408	2	48	456	68,40	6,67	481,04	1,39
SALAS, LABORATORIOS PLANTA SÓTANO		1278									
Taller de Arquitectura (Pecera)	T8 LED 4x9W 0,60 m	100	9	900	1	100	1000	111,67	8,95	710,98	1,26
Taller de Maquetas	T8 LED 2x17W 1,20 m	18	17	306	2	36	342	70,70	4,84	488,87	0,99
Salón de Actos	T8 LED 2x17W 1,20 m	40	17	680	2	80	760	126,56	6,00	364,81	1,65
Laboratorio invest. Aula Alan Turing	T8 LED 2x17W 1,20 m	40	17	680	2	80	760	82,75	9,18	698,30	1,32
Laboratorio invest. Aula Niklaus Wirth	T8 LED 2x17W 1,20 m	40	17	680	2	80	760	82,84	9,17	698,30	1,31
Sala de Reuniones. Claude Shannon	T8 LED 2x17W 1,20 m	40	17	680	2	80	760	118,09	6,44	698,30	0,92
Almacén Topografía		4	17	68	2	8	76	22,83	3,33	356,32	0,93
SALAS, LABORATORIOS PLANTA BAJA		278									
Laboratorio Técnico	T8 LED 2x17W 1,20 m	24	17	408	2	48	456	61,46	7,42	698,30	1,35

ANEXO G. DETALLES DE LAS INSTALACIONES PROPUESTAS

Laboratorio Investigación	T8 LED 2x17W 1,20 m	18	17	306	2	36	342	46,23	7,40	698,30	1,35
Sala de Reuniones	T8 LED 2x17W 1,20 m	12	17	204	2	24	228	48,12	4,74	698,30	0,86
Conserjería	T8 LED 4x9W 0,60 m	16	9	144	1	16	160	23,44	6,83	402,16	2,41
DESPACHOS		70									
Despachos Zona Oeste P1, P2 Módulos 1,2,3	T8 LED 4x9W 0,60 m	64	9	576	1	64	640	89,82	7,13	403,15	1,77
Despachos Zona Central P1, P2 Módulos 1,2,3	T8 LED 4x9W 0,60 m	112	9	1008	1	112	1120	159,55	7,02	403,15	1,74
Despachos Secretaria, Laboratorios P1, P2 Módulos 1	T8 LED 4x9W 0,60 m	112	9	1008	1	112	1120	133,60	8,38	686,76	1,22
Despachos Secretaria, Laboratorios P1, P2 Módulos 2	T8 LED 4x9W 0,60 m	112	9	1008	1	112	1120	154,51	7,25	686,76	1,06
Despachos Secretaria, Laboratorios P1, P2 Módulo 3	T8 LED 4x9W 0,60 m	112	9	1008	1	112	1120	154,46	7,25	686,76	1,06
ASEO		512									
Aseos PS y PB	Halógeno LED 7W	9	7	63	1	9	72	21,48	3,35	353,48	0,95
Aseos despachos módulos	Halógeno LED 7W	4	7	28	1	4	32	10,07	3,18	353,48	0,90
Aseos módulos cabecera	Halógeno LED 7W	4	7	28	1	4	32	9,26	3,45	353,48	0,98
Aseos Planta Sótano Laboratorios	Halógeno LED 7W	8	7	56	1	8	64	17,91	3,57	353,48	1,01
Aseos y vestuario Planta Baja Conserjería	Halógeno LED 7W	11	7	77	1	11	88	26,10	3,37	353,48	0,95
PASILLOS INTERIORES		36							3,39		
Pasillos Zona Oeste P1, P2 Módulos 1,2,3	Downlight 15W	9	15	135	2	18	153	30,07	5,09	250,05	2,03
Pasillos Zona Central P1, P2 Módulos 1,2,3	Downlight 15W	15	15	225	2	30	255	53,41	4,77	250,05	1,91
Pasillos Secretaria, Laboratorios P1, P2 Módulo 1	Downlight 15W	10	15	150	2	20	170	43,28	3,93	250,05	1,57
Pasillos Secretaria, Laboratorios P1, P2 Módulo 2	Downlight 15W	6	15	90	2	12	102	22,37	4,56	250,05	1,82
Pasillos Secretaria, Laboratorios P1, P2 Módulo 3	Downlight 15W	7	15	105	2	14	119	21,41	5,56	250,05	2,22
Pasillos laboratorios sótano	Downlight 15W	23	15	345	2	46	391	64,51	6,06	250,05	2,42
Pasillo/Recepción Conserjería Planta Baja	Downlight 15W	15	15	225	2	30	255	30,34	8,40	250,05	3,36
Pasillo laboratorios Planta Baja	Downlight 15W	3	15	45	2	6	51	11,05	4,62	250,05	1,85
88											1,46

Fuente: cálculos de elaboración propia

ANEXO G. DETALLES DE LAS INSTALACIONES PROPUESTAS

Tabla 117. Estudio de viabilidad instalación fotovoltaica

concepto	%	€	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Presupuesto instalación fotovoltaica	100%	125.617,00 €	125.617,00												
Venta producción eléctrica	Venta €/kWh 0,25	764.325,11 €													
Inversión Producción eléctrica	Δ% anual €/KW/h 5%	764.325,11 €		16.014	16.815	17.656	18.539	19.466	20.439	21.461	22.534	23.661	24.844	26.086	27.390
Mantenimiento	18%	35.996,81 €			1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500
Gastos generales	13%	16.330,21 €	16.330,21												
Beneficio Industrial	6%	7.537,02 €	7.537,02												
IVA	21%	26.379,57 €	26.379,57												
TOTAL GASTOS		192.362,34 €	175.863,80	0	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500
cash flow (ahorro generado)		62.542,31 €	-175.864	16.014	15.315	16.156	17.039	17.966	18.939	19.961	21.034	22.161	23.344	24.586	25.890
cash flow acumulado			-175.864	-159.849	-144.534	-128.378	-111.339	-93.373	-74.434	-54.473	-33.439	-11.278	12.066	36.652	62.542
La inversión inicial se amortiza durante el 10º año															
Fuente: cálculos de elaboración propia															

VAN	79.850,95
TIR	4,56%

Tabla 118. Estudio de viabilidad iluminación LED

concepto	%	€	0	1	2	3	4	5
<b>CONSUMOS Y AHORROS ENERGIA</b>								
Iluminación actual	Δ% anual €/KW/h 5%	94.491,00 €		17.100	17.956	18.853	19.796	20.786
Iluminación LED	5%	39.722,21 €		7.189	7.548	7.926	8.322	8.738
Consumo inicial (ilum.)		94.491,00 €		17.100	17.956	18.853	19.796	20.786
Consumo final (ilum.)		39.722,21 €		7.189	7.548	7.926	8.322	8.738
Ahorro coste consumos (ilum.)	137,88%	54.768,79 €		9.912	10.407	10.928	11.474	12.048
TOTAL INGRESOS (consumo previo)		94.491,00 €	0	17.100	17.956	18.853	19.796	20.786
<b>GASTOS</b>								
Presupuesto Iluminación LED	100%	34.304,65 €	34.304,65					
Consumo Iluminación LED	Δ% anual €/KW/h 5%	39.722,21 €		7.189	7.548	7.926	8.322	8.738
Iluminación LED 25 años	5%	0,00 €						
Gastos generales	2%	686,09 €	686,09					
Beneficio Industrial	8%	2.744,37 €	2.744,37					
IVA	21%	7.203,98 €	7.203,98					
TOTAL GASTOS		84.661,31 €	44.939,09	7.189	7.548	7.926	8.322	8.738
cash flow (ahorro generado)		9.829,70 €	-44.939	9.912	10.407	10.928	11.474	12.048
cash flow acumulado			-44.939	-35.027	-24.620	-13.692	-2.218	9.830
La inversión inicial se amortiza durante el 5º año								
Fuente: cálculos de elaboración propia								

VAN	32.186,23
TIR	6,74%

ANEXO G. DETALLES DE LAS INSTALACIONES PROPUESTAS

Figura 126. Características técnicas propuesta sustitución de vidrios ventanas

Producto	Color	Luz visible				Energía solar			Factor solar (g) EN 410	Coeficiente de sombra g EN / 0.87	Valor U (EN 673)		Templable	Curvable	Decapado de bordes	Serigrafiado
		Transmisión [%]	Reflexión exterior [%]	Reflexión interior [%]	Índice de variación de color	Transmisión directa [%]	Reflexión exterior [%]	Absorción [%]			Aire Kriptón ** [W/m²K]	Argon 90% [W/m²K]				
ClimaGuard® Aislamiento térmico bajo emisivo																
Doble acristalamiento 4-16-4, Capa en cara #3																
PREMIUM	neutro	80	12	12	97	55	29	16	63	0,72	1,4	1,1	Versión HT	Versión HT*	Sí	No
SunGuard® Solar Control solar																
Toda la gama es templable																
Para posibles aplicaciones en monolítico, la serie SunGuard® HD Solar está disponible bajo demanda																
Doble acristalamiento 6-16-4, Capa en cara #2																
SILVER 20	plata	20	35	25	88	15	33	52	20	0,23	2,2	2,1	Sí	Sí	No	Sí*

Fuente: características técnicas catálogo fabricante GuardianSun

Figura 127. Características técnicas del recuperador de calor propuesto

## RECUPERADORES DE CALOR DE FLUJO CRUZADO Serie CADB/T-N F7+F7



### REFERENCIA

C	A	D	B	-	N	D	I	2	3	C	H	B	P	F7+F7
1						2		3		4	5	6		7

1 - CADB-N/CADT-N: Serie

2 - **D:** Gama Standard

DI: Gama con resistencia incorporada

DC: Gama con batería de agua caliente incorporada

3 - Tamaño

4 - Tipo de la configuración A, B, C, D

5 - **H:** Versión horizontal

V: Versión vertical

6 - **BP:** Versión con by-pass incorporado

7 - **F7+F7:** Filtros del equipo F7



### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Modelos sin calefacción añadida

Modelo	Caudal máximo (m³/h)	Potencia motor (kW)	Intensidad máxima absorbida motor (A)		Velocidad (r.p.m.)	Protección (IP)	Eficiencia* (%)	Nivel presión sonora a 3m** (dB(A))		
			230V 50Hz	230/400V 50Hz				Aspiración	Descarga	Radiado
CADB-N D 05 F7+F7	490	2 x 0,29	2 x 1,32	-	2880	IP44	53	43	55	38
CADB-N D 08 F7+F7	900	2 x 0,3	2 x 1,38	-	2880	IP44	50	43	55	38
CADB-N D 12 F7+F7	1.200	2 x 0,373	2 x 2,75	-	1357	IP20	50	55	66	49
CADB-N D 18 F7+F7	1.900	2 x 0,373	2 x 2,75	-	1357	IP20	50	55,5	66,5	49,5
CADB-N D 23 F7+F7	2.400	2 x 0,55	2 x 4,44	-	1324	IP20	60	56	67	50
CADB-N D 30 F7+F7	3.300	2 x 0,55	2 x 4,4	-	1251	IP20	58	56,5	67,5	50
CADT-N D 45 F7+F7	4.400	2 x 1,5	-	2 x 10,1/5,8	1462	IP44	56	58	70	53
CADT-N D 55 F7+F7	5.200	2 x 1,5	-	2 x 10,1/5,8	1462	IP44	52	59	71	54
CADT-N D 80 F7+F7	8.000	2 x 2,2	-	2 x 8,8/5,1	913	IP55	56	61	72	75

\* Valores con las siguientes condiciones: T aire exterior de -5°C, T aire interior de +20°C con HR interior del 80% / Caudal máximo.

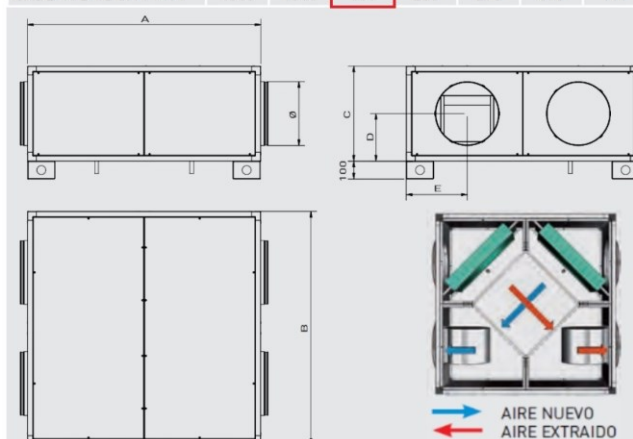
\*\* Presión sonora media en campo libre.

### RENDIMIENTO TÉRMICO DE LOS RECUPERADORES EN FUNCIÓN DE LAS TEMPERATURAS

Modelo	Caudal aire m³/h	T Aire ambiente		T Aire exterior		T Aire tratado °C	Eficiencia mínima %	Potencia kW
		°C	H.R. %	°C	H.R. %			
CADB-D-N 12 F7+F7	1200	20	50	-10	80	6	52	7,1
				-5	80	8	50	7,6
				0	70	10	50	4,4
				5	60	13	53	3,4
			60	-10	80	7	55	7,6
				-5	80	9	55	6,1
				0	70	11	53	4,6
				5	60	13	53	3,4

### DIMENSIONES (mm)

Modelo	A	B	C	D	E	Ø	Peso (kg)
CADB-N D 12 CH F7+F7	1050	1050	500	250	278	315	141



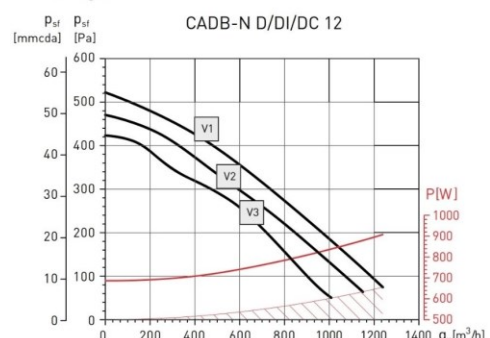
### CURVAS CARACTERÍSTICAS

- q: Caudal en m³/h y m³/s.
- p<sub>st</sub>: Presión estática en Pa y mmcd.
- Pabs = Potencia absorbida a la velocidad máxima (W).
- Aire seco normal a 20°C y 760 mm.c.d.Hg.
- Ensayos realizados de acuerdo a Norma ISO 5801 y AMCA 210-99.

#### Pérdidas de carga adicionales

Resistencias: Todos los modelos 10 Pa.

Baterías agua: 45Pa.



Fuente: características técnicas catálogo fabricante S&P



ANEXO G. DETALLES DE LAS INSTALACIONES PROPUESTAS

Figura 128. Características técnicas bomba geotérmica DYNACIAT ILG 300V

DYNACIAT ILG		120V	150V	200V	240V	300V	
Performance	Net cooling capacity (1)	kW	29	37.8	50.5	58.9	76.7
	Net power input (1)	kW	8.4	10.8	14.6	16.3	20.9
	Net EER (4)		3.44	3.51	3.46	3.62	3.67
	Net ESEER (4)		3.53	3.61	4.31	4.38	4.34
	Net heating capacity (2)	kW	39.2	51.2	68.3	79	101.9
	Net power input (2)	kW	9.9	12.7	17.3	19	24.16
	COP performances (4)		3.98	4.02	3.95	4.16	4.15
	Sound power level (3)	dB(A)	67	70	69	70	73
	Compressor	Type	Hermetic SCROLL (2900 rpm)				
Start-up mode		- Direct in series					
Quantity		1		2			
Power control		%	100-0	100-0	100-50-0	100-50-0	100-50-0
Refrigerant oil type		POE 3MAF (32 cSt).					
Refrigeration circuit	Oil capacity	l (cir1)	3.25	4.14	6.50	6.50	8.28
	Type no	1					
	Refrigerant (GWP)	R410A (2088)					
	Refrigerant charge	kg	3.25	3.6	5.5	8.1	9.2
	CO <sub>2</sub> equivalent tonne	TCO <sub>2</sub> Eq	6.78	7.51	11.48	16.91	19.20
Electrical supply	Type	ph/Hz/V	3~50Hz 400V (+10%/-10%) + Earth				
	Max. nominal current	A	23.2	30.2	42.2	46.2	60.2
	Starting current	A	137.0	174.0	139.0	160.0	204.0
	Starting current	A	70.0	60.0	76.0	93.0	90.0
	Soft Start option						
	Breaking capacity	kA	50				
	Unit protection	IP22					
Indoor circuit	Max. wire cross-section	mm²	50	50	50	50	50
	Control circuit voltage	ph/Hz/V	1~50 Hz 230 V (+10%/-10%) - transformer fitted				
	Type	Brazed-plate heat exchanger					
	Water content	l	2.7	3.6	4.8	5.3	9.9
	Minimum/maximum water flow rate	m³/h	4.1 / 14	5.3 / 18	7.2 / 25	8.4 / 28	11 / 36
Outdoor circuit	Water connections	Ø	G 1"1/2				G 2"
	Max service pressure	bar	10 bar WATER side				
	Type	Brazed-plate heat exchanger					
	Water content	l	2.7	3.6	4.8	5.8	9.9
	Minimum water flow rate	m³/h	4.1	5.3	7.2	8.4	11
Weight	Maximum water flow rate	m³/h	14	18	25	28	36
	Water connections	Ø	G 1"1/2				G 2"
	Max service pressure	bar	10 bar WATER side				
	Storage temperature	°C	-20°C/+50°C				
	Min water volume	l	226	299	197	222	292
Dimensions	Operating height	mm	1201	1201	1201	1201	1201
	Length	mm	798	798	1492	1492	1492
	Depth	mm	883	883	883	883	883
	Weight (empty)	kg	226	289	379	452	595
	Operating weight	kg	237	301	394	468	622

Outputs based on: EN 14511 - 2013 - EUROVENT conditions

(1) COOLING: +12°C/+7°C and +30°C/+35°C

(2) HEATING: +40°C/+45°C and +10°C/+7°C

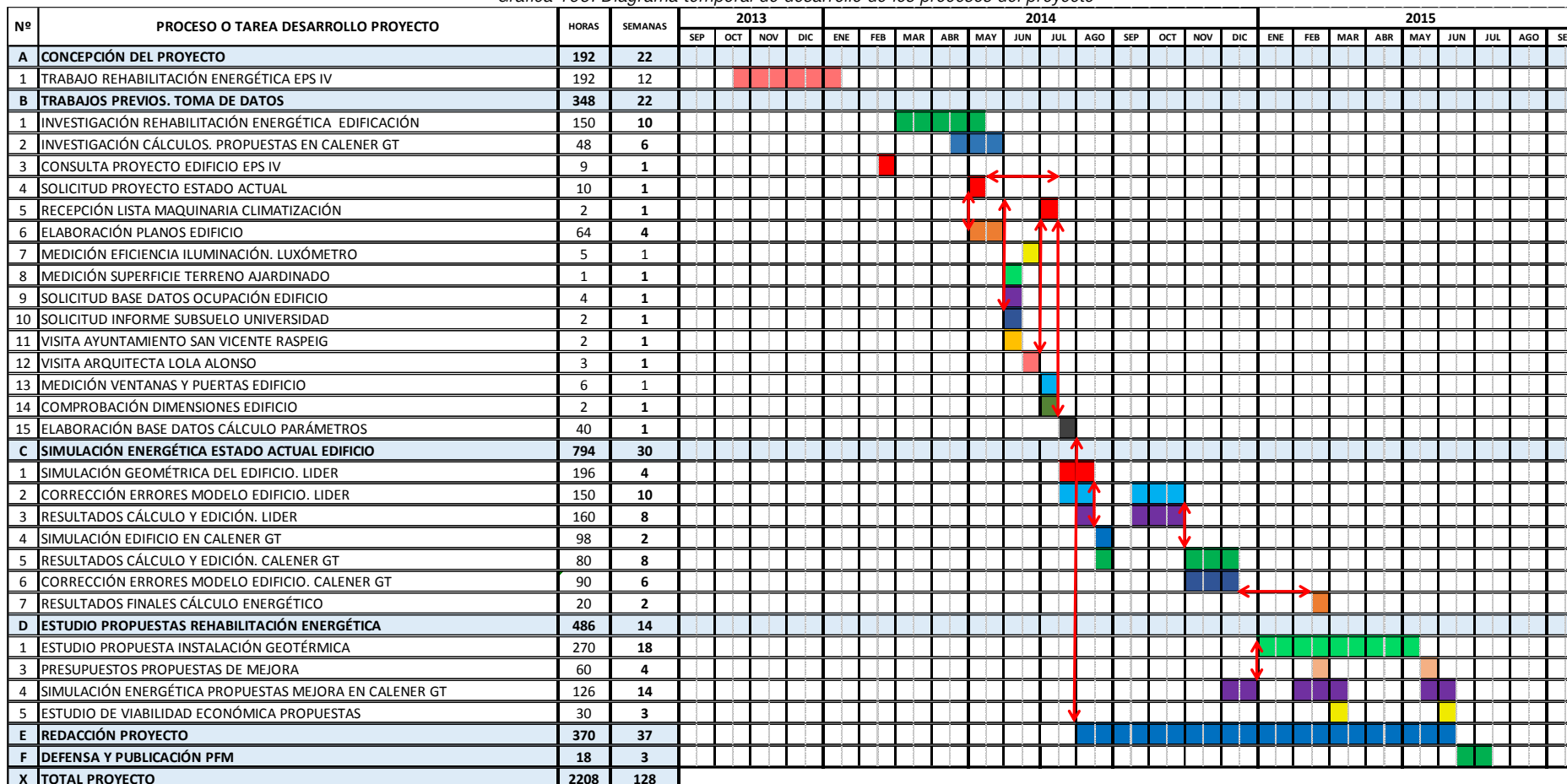
(3) LW: Overall sound power level as per ISO3744

(4) Net EER/ESEER COP values

Fuente: catálogo bombas geotérmicas DYNACIAT de la empresa CIATESA

## ANEXO H. PROCESO Y CRONOGRAMA DE ELABORACIÓN DEL PROYECTO

Gráfica 109. Diagrama temporal de desarrollo de los procesos del proyecto



Fuente: elaboración propia